



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**RENK PARAMETRELERİ KULLANILARAK KARADUT'TA
ANTOSİYANİN İÇERİĞİNİN MODELLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Osman Nuri ÖCALAN

Danışman: Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

TOKAT- 2024

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU danışmanlığında hazırlamış olduğum “Renk Parametreleri Kullanılarak Karadut'ta Antosiyanin İçeriğinin Modellenmesi” adlı Doktora tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

06/11/2024

Osman Nuri ÖCALAN

İmza

X

JÜRİ KABUL VE ONAY

Osman Nuri ÖCALAN tarafından hazırlanan “**Renk Parametreleri Kullanılarak Karadut'ta Antosiyanin İçeriğinin Modellenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 13.08.2024 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Kenan YILDIZ

.....

Üye : Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ

.....

Üye : Prof. Dr. Müttalip GÜNDOĞDU

.....

Üye : Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

.....

Üye : Doç. Dr. Kemal ADEM

.....

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Bazı laboratuvar analizleri yoğun işgücü, emek ve zaman gerektirmektedir. Antosiyanin içeriğinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemi (pH Diferansiyel Metodu) de bu kategoride değerlendirilmektedir. Bu tezin temel amacı, daha az iş gücü ve daha kısa sürede yüksek bir doğrulukla antosiyanin içeriğinin tahmin edilebilmesidir. Bunun için ‘Makine Öğrenmesi’ algoritmalarından faydalanılmıştır. Makine Öğrenmesi, matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanarak mevcut verilerden çıkarımlar yapan ve bu çıkarımlarla bilinmeyenler hakkında tahminlerde bulunan bir veri madenciliği yöntemidir. Tez çalışması kapsamında elde edilen bulguların, daha iyi bir tahmin modelinin geliştirilmesi adına, bu alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlaması en büyük beklentimizdir.

Tez konusunun oluşmasında ve ileriki süreçlerin şekillenmesinde, bilgisi ve tecrübesiyle her zaman desteğini gördüğüm değerli danışman hocama Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU’na en engin teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca, akademik hayatında ilk doktora öğrencisi olma şerefine nail olduğum için hayatım boyunca büyük şeref duyacağım. Doktora sürecinde yakından tanıma fırsatı bulduğum danışman hocam, dürüstlüğü ve sorunlara yaklaşımı açısından, bilim camiasında, örnek aldığım bir ustadır. Tez izleme komitemdeki değerli hocalarım, Prof. Dr. Kenan YILDIZ ve Prof. Dr. Muttalip GÜNDOĞDU’ya değerli katkıları ve hoşgörülerinden dolayı teşekkürlerimi sunuyorum. Tez savunmamda bu sürece dahil olan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ ve Doç. Dr. Kemal ADEM hocalarıma da teşekkürlerimi sunarım. Makine Öğrenimi konusunda benden bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Kemal ADEM hocama minnet borçluyum. Analizlerde beni yalnız bırakmayan ‘Kırmızı Laboratuvar’ ekibine; Emircan DİNÇER, Fatmanur ÇEZİK, Mehmet Emin İŞBİLİR, Muhammet Rahmetullah ÇİĞDEM, Hüseyin SALMAN’a ayrı ayrı teşekkür etmek istiyorum. Her ihtiyacımda yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Onur Sefa ALKAÇ’a gönülden teşekkür ederim.

Fiziki olarak yanımda olamasalar da manevi olarak desteklerini hissettiğim, bunaldığım zamanlarda yorgunluğumu ve stresimi alan, tekrardan işime dört elle sarılmamı sağlayan sevgili aileme şükran borçluyum. Onların bu manevi desteği olmadan bu süreç tamamlanamazdı.

ÖZET

RENK PARAMETRELERİ KULLANILARAK KARADUT'TA ANTOSİYANİN İÇERİĞİNİN MODELLENMESİ

ÖCALAN, Osman Nuri

Doktora, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Onur SARAÇOĞLU

Kasım 2024, x + 82 sayfa

Meyvelerde toplam monomerik antosiyanin içeriğinin belirlenmesinde yaygın olarak pH diferansiyel metodu kullanılmaktadır. Bu metot yoğun iş gücü ve zamanın yanı sıra pahalı kimyasallar gerektirmektedir. Bu tez çalışmasının amacı, karadut meyvesinin antosiyanin içeriğinin belirlenmesinde, mevcut yöntemle alternatif olacak daha basit ve hızlı bir model geliştirmektir. Tez kapsamında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan karadut (*Morus nigra*) K60 genotipinden yararlanılmıştır. Meyveler, 2022 ve 2023 yıllarının temmuz ayında çok farklı olgunluk aşamalarında hasat edilmiştir. İlk başta dış renk (L^* , a^* , b^*) ölçümleri yapılan meyvelerin daha sonra pH, suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve antosiyanin analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler bağımsız (L^* , a^* , b^* , pH, SÇKM) ve bağımlı (antosiyanin) değişkenler olarak iki gruba ayrılmıştır. Antosiyanin tahmini için dört farklı makine öğrenimi algoritmalarından faydalanılmıştır. Bunlar; MultilayerPerceptron, SVM, KNN ve RandomForest'dir. Oluşturulan modellerin performans değerlendirme ölçütleri olarak; korelasyon katsayısı (r), ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE), hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error-RMSE), bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error-RAE) ve bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error-RRSE) kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kullanılan makine öğrenimi algoritmaları arasında antosiyanin değerlerinin tahmininde en başarılı sonucu RandomForest algoritması sağlamıştır. RandomForest algoritmasını sırasıyla KNN, SVM ve MultilayerPerceptron algoritmaları takip etmiştir. RandomForest algoritmasının performans değerleri; korelasyon katsayısı (r) 0.8498, MAE 52.779, RMSE 79.0309, RAE %43.3826 ve RRSE %52.7319 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, RandomForest, SVM, MultilayerPerceptron, KNN, *Morus*, pH

ABSTRACT

MODELLING THE ANTHOCYANIN CONTENT IN BLACK MULBERRY USING COLOUR PARAMETERS

ÖCALAN, Osman Nuri

PhD, Department of Horticulture

Thesis Advisor: Prof. Onur SARAÇOĞLU

November 2024, x + 82 pages

The pH differential method is commonly used to determine the total monomeric anthocyanin content of fruits. This method requires intensive labour and time as well as expensive chemicals. The aim of this thesis is to develop a simpler and faster model for the determination of anthocyanin content of black mulberry fruit, which will be an alternative to the existing method. Within the scope of the thesis, a black mulberry (*Morus nigra*) K60 genotype in Tokat Gaziosmanpaşa University Agricultural Application and Research Centre was used. The fruits were harvested at different stages of ripeness in July 2022 and 2023. Firstly, external colour (L^* , a^* , b^*) measurements were made and then pH, soluble solid content (SSC) and anthocyanin analyses were performed. The data obtained were divided into two groups as independent (L^* , a^* , b^* , pH, SÇKM) and dependent (anthocyanin) variables. Four different machine learning algorithms were utilised for anthocyanin prediction. These are Multilayer Perceptron, SVM, KNN and RandomForest. Correlation coefficient (r), Mean absolute error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), Relative Absolute Error (RAE) and Root relative squared error (RRSE) were used as performance evaluation criteria of the models. As a result of the study, among the machine learning algorithms used, the RandomForest algorithm achieved the most successful results in predicting anthocyanin values. RandomForest was followed by the KNN, SVM, and MultilayerPerceptron algorithms, respectively. The performance metrics for the RandomForest algorithm were determined as follows: correlation coefficient (r) 0.8498, MAE 52.779, RMSE 79.0309, RAE 43.3826 %, and RRSE 52.7319 %.

Anahtar Kelimeler: Machine Learning, RandomForest, SVM, MultilayerPerceptron, KNN, *Morus*, pH

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
GRAFİKLER LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
1.GİRİŞ	1
2.2. Tarımda Makine Öğrenimi ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar	12
2.3. Bitkilerde Antosiyanin Birikimini Tahmin Etmek için Makine Öğrenimi Tabanlı Geliştirilen Bazı Yöntemler.....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. MATERYAL	22
3.1.1. Çalışmada kullanılan dut genotipleri.....	22
3.1.2. Karadut meyvelerinin toplanması	24
3.2. YÖNTEM	27
3.2.1. Meyve Rengi Tayini	28
3.2.2. pH ve Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Tayini	29
3.2.3. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini	31
3.2.4. İstatistiksel Analiz.....	32
3.2.4.1. Yapay Sinir Ağı – MLPNN algoritması.....	33
3.2.4.2. Destek vektör makinesi - SVM algoritması	36
3.2.4.3. K-en yakın komşuluk (K-nearestneighbor) - KNN.....	37
3.2.4.4. Karar ağaçları – RandomForest algoritması.....	39
3.2.5. Model performans ölçütleri.....	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1. İlk Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Renk, pH ve SÇKM Verileri	44
4.2. İlk Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Korelasyon Analizi	44
4.3. İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Renk, pH ve SÇKM Verileri	44
4.4. İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Korelasyon Analizi	45
4.5. Birinci ve İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Birleştirilmiş Korelasyon Analizi	45
4.6. Makine Öğrenimi Algoritmalarından Elde Edilen Sonuçlar	46
KAYNAKÇA	56
EKLER	62
Ek 1. Ölçülen antosiyanin değerleri ile makine öğrenimi modellerinden elde edilen tahmin değerleri ve hata oranları	62
Ek 2. ÖZGEÇMİŞ	82

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo Numarası	Sayfa
Tablo 3.1: Pearson korelasyon analizi, N=586.....	21
Tablo 4.1: Pearson korelasyon analizi, N=248	44
Tablo 4.2: Pearson korelasyon analizi, N=623	45
Tablo 4.3: Pearson korelasyon analizi, N=871	46
Tablo 4.4: MLPNN, SVM, KNN ve RandomForest algoritmalarından elde edilen toplam monomerik antosiyanin değerlerinin ortalama tahmin sonuçları	47



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik Numarası	Sayfa
Grafik 3.1: Çoklu modeldeki hataların dağılım grafiği.....	22
Grafik 4.1: RandomForest modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi	48
Grafik 4.2: RandomForest modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi.....	48
Grafik 4.3: MLPNN modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi	50
Grafik 4.4: MLPNN modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi	50
Grafik 4.5: SVM modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi	51
Grafik 4.6: SVM modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi.....	52
Grafik 4.7: KNN modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi	52
Grafik 4.8: KNN modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi.....	53



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 3.1: Karadut ağaçlarının bulunduğu parsel (Orijinal)	23
Şekil 3.2: Tez kapsamında kullanılan karadut ağacı (Orijinal)	24
Şekil 3.3: Farklı olgunluk seviyelerindeki karadut meyvelerinin ağaç üzerinde görünümü (Orijinal)	25
Şekil 3.4: Farklı olgunluk seviyelerindeki karadut meyvelerinin görünümü (Orijinal).....	26
Şekil 3.5: Karadut meyvelerinin farklı olgunluk aşamalarının görünümü (Orijinal).....	27
Şekil 3.6: Farklı olgunluk düzeylerindeki karadut meyvelerinin özellikleri (Orijinal).....	28
Şekil 3.7: Renk ölçer (Minolta Chroma Meter, CR- 400, Japan) (Orijinal).....	29
Şekil 3.8: Homojenizatör (sol üstte), pH metre (sağ üstte), Santrifüj (sol altta), Refraktometre (sağ altta) (Orijinal)	30
Şekil 3.9: pH 1 ve pH 4.5 bafırları eklenmiş örneklerde renk değişimi (Orijinal).....	301
Şekil 3.10: pH 1 ve pH 4.5 bafırları eklenmiş örneklerde renk değişimi (Orijinal).....	32
Şekil 3.11: MLPNN'de kullanılan örnek bir nöron	33
Şekil 3.12: Tahminleme için geliştirilen MLPNN algoritmasının teknik özellikleri	31
Şekil 3.13: Tahminleme için geliştirilen SVM algoritmasının teknik özellikleri	32
Şekil 3.14: Tahminleme için geliştirilen KNN algoritmasının teknik özellikleri	33
Şekil 3.15: Tahminleme için geliştirilen RandomForest algoritmasının teknik özellikleri	40

KISALTMALAR

KNN: K-en yakın komşu

μg : Mikrogram

g : Gram

MAE: Ortalama mutlak hata

mg : Miligram

MLPNN: MultilayerPerceptron Sinir Ağı

RAE: Bağlı mutlak hata

RF: Rastgele orman

RMSE: Ortalama hata kareleri karekökü

RRSE: Bağlı hata kareleri karekökü

SÇKM: Suda Çözünür Kuru Madde

SVM: Destek vektör makinesi

SVR: Destek Vektör Regresyonu

YSA: Yapay sinir ağı

SİMGELER

L^* : Dış yüsey renginin açıklığı

a^* : kırmızı (+) ve yeşil renk (-) tonlarını temsil etmektedir

b^* : sarı (+) ve mavi renk (-) tonlarını temsil etmektedir

r : Korelasyon katsayısı

1.GİRİŞ

Son yıllarda yapılan bilimsel çalışmalarda, meyve ve sebzelerin içerdiği fitokimyasal maddeler ve bunların antioksidan kapasitelerinin insan sağlığı üzerine olan olumlu etkisi rapor edilmektedir (Koca ve Karadeniz, 2009; Veberic ve ark., 2009; Arozarena ve ark., 2012; Aman & Masood, 2020; Naja & Hamadeh, 2020; de Faria Coelho-Ravagnani et al., 2021). Elde edilen bulgular meyve tüketiminin günlük diyetteki yerinin önemini vurgulamaktadır. Birçok araştırmacı tüketilen meyvelerin miktarının yanı sıra içerisinde bulunan yararlı bileşiklerin oranının da önemsenmesi gerektiği sonucunda birleşmiştir. Araştırmacılar özellikle antosiyanin zengini karadut, ahududu, böğürtlen, nar, çilek, vişne, kiraz, erik, üzüm gibi koyu kırmızı ve mor renkli meyvelerin bazı kanser tipleri, damar ve kalp rahatsızlıkları gibi erken ölümlere neden olan bazı hastalıkların ortaya çıkışını engellemede çok etkili olduğu kanısındadır (Zafra-Stone ve ark., 2007; Castaneda-Ovando ve ark., 2009; Castro-Acosta ve ark., 2016; Feng ve ark., 2016).

Dünya üzerinde kalite kavramı her geçen gün değişmekle birlikte bahçe bitkileri alanında yapılan çalışmalar da buna bağlı olarak yenilenmektedir. Meyve ve sebzeler için kalite kavramı daha önceki yıllarda fiziksel ve bazı pomolojik özelliklerle izah edilirken her geçen gün yeni kalite parametreleri eklenmektedir. Son yıllarda bu kalite parametreleri arasında antioksidan kapasitesi, fenolik madde miktarı ve antosiyanin miktarı gibi fitokimyasal madde içeriklerinin de yer aldığı belirtilmektedir (Gündüz ve ark., 2015; Li ve ark., 2015; Mezzetti ve ark., 2016). Bu durum, bahçe bitkileri alanında çalışan birçok araştırmacıyı bahsi geçen analizleri çalışmalarında kullanma zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir.

Antosiyaninler meyvelere rengini veren (kırmızı, mor, pembe, mavi) ayrıca çeşitli çiçekler ve bitki köklerinde yaygın olarak bulunan, suda çözünür doğal renk maddeleridir (Castaneda-Ovando ve ark., 2009). Yunanca ‘anthos’ (çiçek), ‘kyanos’ (mavi) anlamına gelen kelimenin birleşmesiyle oluşmuştur (Yousuf ve ark., 2016). Antosiyaninler kimyasal olarak 2-fenilbenzoprilin’in polihidroksi ve polimetoksi türevlerinden (flavilyum katyonu) oluşan glikozitlerdir. Flavilyum katyonuna hidrojen, hidroksit ve/veya metoksi gruplarının biri veya birkaçının bağlanmasıyla aglikon yapıdaki antosiyanidin molekülü oluşmaktadır (Kong ve ark., 2003). Bitkilerde bulunan en yaygın doğal antosiyanidinler; pelargonidin, siyanidin, peonidin, delfinidin, petunidin ve malvidindir. Antosiyanidinlerin glukoz, galaktoz, ramnoz ve arabinoz gibi şekerlerle esterleşmesi sonucu glikozit yapıdaki antosiyanin molekülü meydana

gelir. Bunun sonucu olarak antosiyanidin türü ve bağlı bulunduğu yapılar sayesinde meyve ve sebzelerin çok farklı renk ve tonundan oluşan görüntüleri ortaya çıkar.

Meyve ve sebzelerin renk özelliklerinin önemli ölçüde renk pigmentleri tarafından oluştuğu ve renk değerleri ile antosiyanin miktarı arasında yüksek oranda korelasyon olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Itle ve Kabelka, 2009; Shibghatallah ve ark., 2013; Yan ve ark., 2023). Bu ilişkiden yola çıkarak üzüksü meyveler grubunda yer alan ve kabuk rengi ile meyve eti rengi arasında büyük farklılıklar olmayan türler için renk değerlerinin belirlenmesi ile antosiyanin miktarlarının tahmin edilebileceği düşünülmektedir. *Morus nigra* olarak bilinen “Karadut” meyvesinin olağanüstü renk ve zengin antosiyanin içermesi (Özgen ve ark., 2009; Dinçer ve ark., 2022; Öcalan ve ark., 2023) renk değerleri ile antosiyanin değerleri arasında yüksek korelasyonun olabileceğini düşündürmektedir.

Son yıllarda teknolojiye yaşanan hızlı gelişmeler, özellikle bilgisayar bilimlerinde yazılım ve donanım alanında, günlük yaşamı büyük ölçüde etkilemektedir. Teknolojideki bu gelişimler birçok alanda uygulanmakta ve bunlardan birisi de tarımsal uygulama alanlarıdır (Korkmaz, 2022; Liu ve ark., 2021). Günümüzde, bilgisayar bilimlerinin temel konularından biri olan yapay zeka, insanlar tarafından iyi çözülemeyen sorunların üstesinden gelme doğası nedeniyle eğitim, sağlık, finans ve üretim gibi çeşitli alanlara nüfuz etmiştir. 1980'lerin başında ve 1990'larda kural tabanlı uzman sistemler yaygın olarak kullanılırken, 1990'dan itibaren yapay sinir ağı modelleri ve bulanık çıkarım sistemleri baskın bir rol üstlenmiştir. Günümüzde, yapay sinir ağları ile birleştirilmiş nöro-bulanık veya görüntü işleme gibi hibrit sistemlerin kullanımı artmaktadır. Tarımda genel mahsul yönetimi, haşere ve hastalık yönetimi, tarımsal ürün izleme ve depolama kontrolü, toprak ve sulama yönetimi, yabancı ot yönetimi ve verim tahmini süreçlerinde yapay zekadan faydalanılmaktadır (Bannerjee ve ark., 2018; Jha ve ark., 2019; Zha, 2020).

Yapay zekanın bir alt alanı da makine öğrenimidir. Makine öğrenmesi insanlar gibi bilgisayarların da öğrenme yeteneğini kazanabilmesi için çeşitli algoritma, modelleme ve teknikleri geliştirmek amaçlı değerlendirilen bilimsel bir çalışma sahasıdır. Makine öğrenmesi, bilgisayara tanıtılan verilerden çıkarımlar yapabilen ve bu çıkarımla öngörülerde bulunabilen, programlanmış bilgiler dışındaki bilgileri ortaya çıkarabilen ve kendini geliştirebilen bir sistemdir. Bilgisayarların analitik veri modelleri oluşturmaya ve açıkça kodlanmadan gizli içgörülerini otomatik olarak bulmasına olanak tanır. Amaç, veriler üzerinde matematiksel ve istatistiksel işlemler uygulayarak ve tahminlerden çıkarımlar yaparak öğrenme yöntemleri ve bunların performansı ile ilgilidir. Çözümüne ulaşmak için farklı matematiksel ve istatistiksel

yöntemler kullanılır. Her yöntem makine öğreniminde kullanılan veri setine göre seçilmelidir (Akbulut ve Adem, 2023). Kısaca makine öğrenimi verilerden öğrenebilen, öğrendiklerinden bir çıkarım yapabilen algoritmalardır.

Yapay sinir ağları (YSA), makine öğrenimi ve yapay zekanın en önemli unsurlarından biridir. YSA, insan beyninin temel özelliği olan öğrenme işlevini örnekler yardımıyla yerine getiren bilgisayar sistemleridir. Bu ağlar birbirine bağlı işlem elemanlarından (yapay sinir hücreleri) oluşur ve her bağlantının bir ağırlık değeri vardır. Yapay sinir ağının sahip olduğu bilgi bu ağırlık değerlerinde gizlidir ve ağın tamamına yayılır. Sonuçta YSA, olaylar arasındaki ilişkileri örneklerden öğrenen ve daha sonra hiç görmedikleri örnekler hakkında öğrendikleri bilgileri kullanarak karar veren sistemlerdir (Öztemel, 2003). YSA'nın uygulama yelpazesi çok geniştir. Çeşitli sınıflandırma (Li ve Chao, 2020) ve tahmin (Abraham ve ark., 2020; García-Martínez ve ark., 2020) görevlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılırlar. Klasik matematiksel modellerin ana alternatiflerinden biri olan YSA, klasik modelleme yöntemlerinin yerini alabilir. Uzun bir süredir, dünyanın dört bir yanından araştırmacılar bu araçları tarımsal üretimi desteklemek, daha verimli hale getirmek ve mümkün olan en kaliteli ürünleri sağlamak için kullanmaktadır (Boniecki ve ark., 2020; Niedbała ve ark., 2020; Kujawa ve Niedbała, 2021).

Meyvelerde toplam antosiyanin miktarını belirlemek için kullanılan yöntem birçok aşamadan oluşması sebebiyle hem zahmetli hem de masraflıdır. Bu tezin temel amacı, masraflı ve yoğun uğraş gerektiren mevcut analiz metotları yerine SÇKM, pH ve renk ölçümü yapılarak meyvelerde bulunan toplam antosiyanin miktarlarını tahmin edecek bir yöntemin geliştirilmesidir. Bu yöntemin geliştirilmesi için makine öğreniminden faydalanılmıştır. En doğru antosiyanin tahmini için dört farklı makine öğrenimi modeli karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Konu ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda, renk parametreleri ile antosiyanin içeriği arasında önemli ilişkilerin olduğu görülmüştür (Rolle ve Guidoni, 2007; Yang ve ark., 2016; Rodríguez-Pulido ve ark., 2017; Askey ve ark., 2019). Ayrıca renk parametreleri ile birlikte suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve pH değerlerinin de antosiyanin değerleri ile yüksek korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Khorshidi ve Davarynejad, 2010; He ve Giusti, 2010). Fakat yapılan çalışmalarda az sayıda örnek ve değişken kullanıldığı için elde edilen sonuçların güvenilir olmayacağı düşünülmüştür. SÇKM, pH ve renk değerlerinden antosiyanin miktarını tahmin etmeye yarayacak, daha güvenilir ve yüksek ilişkiler geliştirmek için çok sayıda değişken kullanılması gereklidir. Dolayısıyla çok sayıda meyve kullanılarak yapılması sayesinde daha gerçekçi tahmin değerlerine ulaşılacağı kanısına varılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Renk Pigmentleri ile İlişkili Bazı Bitkisel Özelliklerin İncelendiği Çalışmalar

Meyve ve sebzelerin kabuk rengi büyük ölçüde renk pigmentleri (karotenoid, antosiyanin, klorofil) tarafından belirlenir ve tüketici tercihini etkileyen en önemli kalite özelliklerinden biridir. Literatürde, birçok meyve ve sebzenin kabuk rengi ile içerdikleri antosiyanin ve diğer fenolik bileşikler hakkında bilgiler yer almaktadır. Ancak, meyve kabuğu rengi ile bu bileşikler arasındaki ilişki yeterince araştırılmamıştır. Bu konuyla ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalara aşağıda yer verilmiştir:

1979 yılında yayımlanan bir makalede, yazarlar antosiyanin-rutin komplekslerinin oluşumunda pH'nın etkisini incelemiştir. Makaleye göre, antosiyaninlerin rutin ile kompleks oluşturması, üzüm sularına benzer koşullar altında renk stabilizasyonu sağlar. Bu durum, renk yoğunluğunda artışa ve çözeltilerde kırmızıya kayma (bato-kromik kayma) meydana getirir. Yazarlar, antosiyanin çözeltilerinin renk yoğunluğundaki değişimlerin pH aralığında (1-7) tekdüze olmadığını ve bu değişimlerin B-halkası üzerindeki süstitüsyon modelleri ile 3. ve 5. pozisyonlardaki süstitüentlerin doğasından etkilendiğini belirtmiştir. Maksimum kompleks oluşumu, pH 4.2 civarında 3-glukozidler, pH 3.1 civarında 3,5-diglukozidler, pH 4.0-4.5 civarında 3-açılglukozidler ve pH 3.1 civarında 3-açılglukozid+glukozidler ile gerçekleşmiştir. Bu veriler, pH 1-7 aralığında antosiyaninlerin anhidro bazının rutin ile kompleks oluşumuna katıldığını desteklemektedir (Williams ve Hrazdina, 1979).

Green ve Mazza, (1986) tarafından Kanada'da yürütülen bir çalışmada, üç olgunluk aşamasında hasat edilen birkaç Saskatoon çeşidi (*Amelanchier alnifolia*) meyvelerinin antosiyanin, toplam fenolik, pH, titre edilebilir asitlik, şeker ve renk seviyeleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında, antosiyaninler, toplam fenolikler, şekerler, şeker-asit oranları ve antosiyanin-fenolik oranlarının meyvelerin olgunlaşmasıyla birlikte arttığı rapor edilmiştir. Titre edilebilir asitlik ve pH'nın çeşitler arasında farklılık gösterdiği ancak meyve gelişimi ile çok az değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Meyvelerin antosiyanin içeriklerinin 25,1 ila 178,7 mg/100 g meyve arasında değiştiği, toplam fenolikler ve suda çözünür kuru madde miktarlarının ise sırasıyla %0,17 ila %0,52 ve %9,6 ila %18,7 arasında değiştiği belgelenmiştir. Araştırmacılar, antosiyaninler ile toplam fenolik içeriği, titre edilebilir asitlik, pH ve şeker-asit oranı değerlerinin anlamlı korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Toplam fenolikler ile şeker-asit oranı, pH ile toplam fenolikler ve pH ile titre edilebilir asitlik arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla -0.787, -0.743 ve -0.941 olarak bildirilmiştir. Bu sonuçlar, Saskatoon

meyvelerindeki yüksek antosiyanin seviyelerinin yüksek toplam fenolik ve asitler ile düşük pH ve şeker-asit oranları ile ilişkili olduğunu göstermektedir.

ABD'nin Batı Virginia Üniversitesi Çiftliği'nde, Kearneysville bölgesinde yürütülen bir çalışmada, araştırmacılar 10 farklı 'Delicious' elma (*Malus domestica* Borkh.) çeşidinde antosiyanin ve meyve kabuğunun renk parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Meyveler, 1988 yılında tam çiçeklenmeden 149 gün sonra hasat edilmiştir. Meyve rengi, Minolta CR-200b taşınabilir tristimulus kolorimetre kullanılarak her bir meyvenin sap ve kaliks ucu arasındaki orta noktasında, dört farklı noktada ölçülmüştür. Meyve kabuğundaki antosiyanin içeriği ise spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, çeşitler arasında hem antosiyanin miktarı hem de meyve üzerindeki dağılımı açısından önemli farklılıklar bulunmuştur. Yoğun renkli çeşitlerin, düşük renkli çeşitlere kıyasla hem kızarmış hem de kızarmamış yüzeylerde daha yüksek antosiyanin konsantrasyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Bütün çeşitler dikkate alınarak yapılan doğrusal regresyonda analizinde, antosiyanin içeriği ile $(a^*/b^*)^2$ oranı arasındaki ilişkinin belirleme katsayısı (R^2) 0.59 bulunmuş; çeşit bazında yapılan analizlerde ise R^2 değeri 0.80'e çıkmıştır. Antosiyanin logaritmasının, L^* değerine spline regresyonu ise $R^2=0.78$ olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu ilişkilerin, meyvedeki antosiyanin içeriğinin taşınabilir bir kolorimetre ile hızlı ve tahribatsız şekilde tahmin edilmesine olanak sağlayabileceğini ifade etmişlerdir (Singha ve ark., 1991).

Biolley ve Jay (1993), 15 gül (*Rosa* × *hybrida*) çeşidinin taç yaprağı renginin görsel algısını daha iyi açıklamak amacıyla, güllerin taç yapraklarında kimyasal ve kolorimetrik ölçümler yapmışlardır. Çeşitlere bağlı olarak gözlemlenen renk varyasyonlarının, siyanidin 3,5-diglukozit, pelargonidin 3,5-diglukozit, kuersetin ve kaempferol glikozitlerinin karmaşık bir karışımına dayandığını belirtmişlerdir. Bir gram kuru taç yapraktaki toplam antosiyanin içeriğinin 4 ila 109 mg arasında, toplam flavonol glikozit miktarının ise 8 ila 136 mg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çeşitler arasında, taç yaprağının dış epidermisinin pH değerinin 3-6 ile 5-4 birim arasında değiştiği bildirilmiştir. Çalışmada, bir spektrokolorimetre kullanılarak her bir çeşidin taç yaprağı rengi ölçülmüş ve renklerin nicel olarak karşılaştırılabilmesi için yansıtma eğrileri CIELab sistemi kullanılarak hesaplanan endekslere dönüştürülmüştür. Çalışmanın sonunda, kimyasal parametreler ile kolorimetrik indeksler olan açıklık (L^*), kroma (C^*) ve ton açısı (H) arasında anlamlı korelasyonlar olduğu rapor edilmiştir. Araştırmacılar, bu iki kriterin (kimyasal ve kolorimetrik) taç yaprağı renginin görsel algısını açıklamak için yeterli olduğunu ifade etmişlerdir.

Fernández-López ve ark. (1998), olgunlaşan üzümlerde renk ile bireysel antosiyanin içeriği arasındaki bağımlılığı araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Bu amaçla, güneydoğu İspanya'nın Murcia bölgesinde yetiştirilen farklı renkteki üç kırmızı üzüm çeşidi (Flame Seedless, Exotic ve Monastrell) olgunlaşma sırasında dış renk ve bireysel pigment içeriği açısından analiz edilmiştir. Çalışmada, CIELAB renk uzayındaki hue açısı (H°), açıklık (L^*) ve kroma (C^*) koordinatlarından hesaplanan ve $[(180-H)/(L^*+C^*)]$ olarak tanımlanan CIRG renk indeksinin uygulanması, farklı olgunlaşma aşamalarındaki rengin objektif bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Çalışma sonucunda, dış renk ile antosiyanin profili arasında yakın bir ilişki olduğu bildirilmiştir. Siyanidin-3-glukozit, düşük pigmentli Flame Seedless çeşidinde en bol bulunan pigmentken, malvidin-3-glukozit Monastrell ve Exotic (her ikisi de yüksek pigment içeriğine sahip) çeşitlerinde ana antosiyanin olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar, farklı hidroksilasyon ve/veya metoksilasyon derecelerine sahip antosiyaninler arasındaki oranların incelenmesinden elde edilen verilerin, bu pigmentlerin senteziyle bağlantılı asmalar arasındaki farklılıklar hakkında bilgi sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Gıdalarda görülen en belirgin zorluklardan biri, renk özelliklerinin korunamamasıdır. Bu nedenle, antosiyanin özütleri gıda bileşeni olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır. Malien-Aubert ve ark. (2001), antosiyaninlerin renk üzerindeki etkisini incelemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, bazı renklendiricilerin stabilitesi, hızlı gıda yaşlanmasını simüle eden termal ve ışık koşulları altında, üç farklı pH değerinde (3, 4 ve 5) şekerli ve şekersiz içecek modellerinde incelenmiştir. Belirli bir pH'da renk stabilitesi, esas olarak antosiyaninlerin ve renksiz fenolik bileşiklerin yapılarına bağlıdır. Çalışma sonucunda, asillenmiş antosiyaninler (mor havuç, kırmızı turp ve kırmızı lahanalar) bakımından zengin renklendiricilerin, molekül içi kopigmentasyon nedeniyle büyük bir stabilite sergilediği bildirilmiştir. Kırmızı kromoforun (renkli moleküller) korunması, kırmızı turp ve kırmızı lahanadaki diasillenmiş antosiyaninler için daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Asillenmiş antosiyanin içermeyen renklendiriciler (üzüm posası, mürver, siyah frenk üzümü ve aronya) için ise moleküller arası kopigmentasyonun renk korumasında önemli bir rol oynadığı ifade edilmiştir. Flavonoller bakımından zengin ve en yüksek kopigment/pigment oranına sahip renklendiricilerin dikkate değer bir stabilite gösterdiği, buna karşın kateşinlerin kırmızı renklendiriciler üzerinde olumsuz bir etki yaratarak içecek modellerinde hızla sarımsı bir renge dönüştüğü rapor edilmiştir. Ayrıca, bu etkinin pH değeri arttıkça daha belirgin hale geldiği belirtilmiştir. Son olarak, araştırmacılar rengin şeker ilavesinden büyük ölçüde etkilenmediğini ifade etmişlerdir.

Kasim ve arkadaşları (2011), karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) meyvelerinin rengi ile toplam antosiyanin seviyesi arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla on iki karayemiş genotipinin meyvelerini analiz etmiştir. Meyvelerin toplam antosiyanin içerikleri, spektrofotometrik pH diferansiyel yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Karayemiş genotiplerinin toplam antosiyanin seviyeleri 67,52 ila 260,81 $mg\ kg^{-1}$ arasında değişen farklılıklar göstermiştir. En yüksek toplam antosiyanin içeriği, KG 11 genotipinde 260,81 $mg\ kg^{-1}$ olarak belirlenmiş ve bunu KG 8 (235,99 $mg\ kg^{-1}$) ve KG 6 (228,60 $mg\ kg^{-1}$) genotipleri takip etmiştir. Bu genotiplerin renk a^* değerleri (kırmızılık), diğer sekiz genotipe kıyasla daha düşük ölçülmüştür (sırasıyla 5,63, 7,41 ve 5,34). Araştırmacılar, toplam antosiyanin konsantrasyonu ile renk parametreleri arasındaki ilişkileri doğrusal regresyon analizi ile incelemişlerdir. Regresyon analizi sonucunda, toplam antosiyanin içeriği ile L^* değeri arasındaki ilişkinin belirleme katsayısı (R^2) 0,3982; a^* değeri ile 0,8644; b^* değeri ile 0,789; hue açısı (H°) ile 0,8364 ve kroma (C^*) değeri ile arasındaki ilişkinin belirleme katsayısı ise 0,8409 bulunmuştur. Sonuç olarak, karayemiş genotipleri ile antosiyanin seviyesi, renk parametreleri ile güçlü bir şekilde negatif korelasyon göstermiştir (çoğunlukla istatistiksel olarak anlamlı). Sadece meyvelerin L^* değeri, toplam antosiyanin seviyesi ile zayıf bir korelasyon göstermiştir. Yazarlar, yüksek antosiyanin içeriğine sahip karayemiş meyvelerinin kırmızı renginin düşük olduğunu ve bu nedenle antosiyaninlerin tek başına karayemiş meyvelerinin renklenmesinden sorumlu olamayacağını belirtmişlerdir.

Kim ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, 127 renkli arpa hattında fenolik bileşikler, proantosiyanidinler ve antosiyaninlerin sınıflandırılması ve konsantrasyonları incelenmiştir. Çalışmanın başında, arpalar kolorimetre ile yedi gruba ayrılmıştır: kabuklu (siyah 1, siyah 2, siyah 3 ve mor) ve kabuksuz (siyah, mavi ve mor). Fenolik bileşikler ve antosiyaninlerin içerikleri HPLC ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kabuksuz arpa gruplarının ortalama fenolik bileşik içeriği 268.6 $\mu g/g$, kabuklu arpa gruplarının ise 207.0 $\mu g/g$ olarak belirlenmiştir ($P > 0.05$). Antosiyanin içeriği ise 13.0 ile 1037.8 $\mu g/g$ arasında değişiklik göstermiştir. Mor ve mavi arpa gruplarının, siyah arpa gruplarına kıyasla daha yüksek ortalama antosiyanin içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Çalışmada, proantosiyanidin içeriği modifiye vanilin testiyle belirlenmiş ve mor ile mavi arpa gruplarının ortalama proantosiyanidin içeriğinin siyah gruplara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($P < 0.05$). Ayrıca, mor arpa gruplarında en yaygın antosiyanin türü siyanidin 3-glukozit iken, mavi ve siyah arpa gruplarında en bol bulunan antosiyanin delfinidin 3-glukozit olarak rapor edilmiştir. Araştırmacılar, renkli arpalarda DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)

radikal süpürme aktivitesinin, fenolik bileşikler ve proantosiyanidin içeriği ile yüksek düzeyde pozitif bir korelasyon gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Han ve arkadaşları (2008), Cabernet Sauvignon kırmızı şarabının rengi ile içerdiği antosiyaninler arasındaki ilişkiyi açıklamak amacıyla temel bileşen regresyonu (PCR) yöntemini kullanmışlardır. Şarabın fermantasyonu sırasında monomerik antosiyaninler ve CIELAB renk değerleri, HPLC-MS ve spektrofotometri teknikleri ile tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, şarap örneklerinde 14 monomerik antosiyanin tanımlanmış ve bu antosiyaninlerin tamamının L^* , b^* ve H^*ab değerleriyle negatif, a^* ve C^*ab değerleriyle ise pozitif korelasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Her bir antosiyanin için eşit konsantrasyon bazında yapılan değerlendirmede, siyanidin-3-O-glukozitin (Cy3-glu) CIELAB renk değerleri üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu, buna karşın malvidin 3-O-glukozitin (Mv3-glu) en az etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, çeşitli monomerik antosiyaninlerin renk değerlerinin, bu bileşiklerin yapılarından, B halkası üzerindeki sübstitüentlerden, glukozit üzerindeki açıl gruplarından ve moleküler sterik yapıdan etkilendiğini belirtmişlerdir. Literatürdeki bu çalışma, şarap rengi ile monomerik antosiyaninler arasındaki korelasyonu değerlendirmek için istatistiksel bir yöntem geliştirmenin yanı sıra, molekül içi kopigmentasyonun şarap rengi üzerindeki etkisini aydınlatmaya yönelik önemli bir temel sağlamaktadır.

Hernanz ve ark. (2008), iki farklı topraksız sistemde yetiştirilen beş çilek çeşidinin rengini incelemiş ve incelenen örnekler arasında en iyi ayrımı sağlayan renk parametrelerini belirlemek için bir dizi çok değişkenli istatistiksel yöntem uygulamıştır. Çalışmanın sonucunda çileklerin dış ve iç renkleri arasında doğrudan bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Ek olarak, diskriminant yöntemleri uygulandıktan sonra, çilek çeşitleri dikkate alındığında örneklerin %90'ından fazlasının doğru sınıflandırılabilirdiği, ancak yetiştirme sistemi türü kriter olarak alındığında doğru sınıflandırma yüzdesinin belirgin şekilde daha düşük (yaklaşık %60) olduğu görülmüştür. Pigment-renk koordinatları arasında en iyi korelasyon pelargonidin-3-rutinosid ile dış a^* ($r = -0,87$) ve ardından pelargonidin-3-glukosid ile iç L^* ($r = -0,72$) arasında bulunmuştur.

Itle ve Kabelka (2009), balkabağı (pumpkin) ve kabak (squash) meyvesinin karotenoid miktarını yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC) ile ölçerek, bu miktarların kolorimetre ile elde edilen L^* , a^* , b^* renk alanı değerleriyle ilişkisini araştırmıştır. Denemede, beyaz, sarı ve turuncu et rengine sahip çeşitler, her bir yerde iki tekrar ile rastgele tam blok tasarımı kullanılarak birçok farklı lokasyonda yetiştirilmiştir. Her çeşidin meyve eti, HPLC ve kolorimetrik analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, renk değeri a^* ile toplam karotenoidler arasında ($r = 0.91$), renk değeri b^* ile lutein arasında ($r = 0.87$) ve kroma

ile lutein arasında ($r = 0.87$) güçlü korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu korelasyonlara dayanan regresyon denklemlerinin, karotenoid türlerini ve konsantrasyonlarını tahmin etmekte faydalı olacağı ifade edilmiştir.

Beyaz, sarı veya kırmızı renklere sahip 15 kısa gün soğanı ile yapılan bir çalışmada, antioksidan aktivitesi (AOA) ile acılık (pungency), suda çözünür kuru madde, antosiyaninler, kuersetin ve ekstraksiyon çözücüsü arasındaki ilişkiler araştırılmıştır (Lee ve ark., 2015). Çalışma sonucunda, farklı renkteki soğanlar arasında hem acılık hem de toplam suda çözünür kuru madde içeriği açısından büyük farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Beyaz veya kırmızı soğandaki AOA'nın sırasıyla düşük ve yüksek seviyelere sahip olma eğiliminde olduğu, fakat birçok istisna olduğu belirtilmiştir. Bu, beyaz soğanların genellikle daha düşük AOA değerlerine sahipken, kırmızı soğanların daha yüksek AOA değerlerine sahip olduğu anlamına gelir; ancak bazı beyaz soğan örnekleri de yüksek AOA seviyeleri gösterebilir. Folin-Ciocalteu (F-C) tahlili ile değerlendirilen AOA seviyelerinin 440 ile 785 $\mu\text{g/mL}$ arasında değiştiği, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) testine dayanan AOA seviyelerinin ise 19.1 ile 79.8 $\mu\text{g/mL}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yazarlar, acılık ve AOA seviyeleri arasında herhangi bir korelasyon bulunmadığını bildirmiştir. Bu, acılığın antioksidan aktiviteyi etkilemediğini gösterir. Bunun yanında, F-C testinin sırasıyla antosiyanin ($r^2 = 0.07$) ve kuersetin ($r^2 = 0.59$) içerikleriyle düşük korelasyon gösterdiği, DPPH testinin ise antosiyanin ($r^2 = 0.65$) ve kuersetin ($r^2 = 0.76$) içerikleri ile daha yüksek korelasyon gösterdiği açıklanmıştır. Bu durum, farklı test yöntemlerinin farklı sonuçlar vermesiyle ilgilidir. Yani, F-C testi antosiyanin ve kuersetin ile çok zayıf bir ilişki gösterirken, DPPH testi bu bileşiklerle daha belirgin bir ilişki göstermiştir. Bu nedenle, yazarlar daha yüksek antosiyanin ve kuersetin seviyelerine sahip soğanların daha yüksek AOA seviyelerine sahip olacağını ifade etmiştir. Çalışmada açıklanan diğer sonuçlar ise şunlardır: Alliinaz enzimi etkisine sahip örnekler, enzim etkisine sahip olmayan örneklerden daha yüksek AOA seviyeleri göstermiştir. Antosiyanin ve flavonoid içermeyen soğan suyu, kayda değer AOA seviyeleri içermeye devam etmiştir. Metanol özütü ve taze soğan suları F-C testi ile benzer AOA seviyeleri göstermiştir. Çalışmada, soğandaki AOA seviyeleri ile doğrudan ilişkili olan tek bir parametre belirlenememiştir. Her bir parametre AOA analizlerine farklı tepkiler vermiş ve soğan sularındaki indirgeyici bileşiklerin karmaşık yapısını ve her bir analizin reaksiyon mekanizmalarını yansıtmıştır. Yazarlar, kırmızı soğan yemenin biraz daha faydalı olduğu, ancak sarı veya beyaz soğanın önemli ölçüde yararlı AOA seviyeleri içerdiği sonucuna varmıştır.

Vieira ve ark. (2018)'nın gerçekleştirdiği bir başka çalışmada, kolorimetri kullanarak meyve ve sebzelerin toplam antosiyanin içeriğini tahmin etmeye yönelik basit matematiksel modeller geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, 13 farklı meyve ve sebze türünden elde edilen fenolik ekstraktlar, %70 asitlendirilmiş etanol ve %70 etanol kullanılarak üretilmiştir. Toplam antosiyanin miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenirken, renk karakterizasyonu tristimulus kolorimetre ile yapılmıştır. Sonuçlar, %70 etanol kullanılarak 20 kat seyreltilen ekstraktlar için L^* değeri ile antosiyanin içeriği arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir ($r = -0.95$). R^2 değerleri 0.80 ile 0.99 arasında değişen doğrusal denklemler, seyreltme yapılmış veya yapılmamış ekstraktlar üzerinde, %70 etanol ve %70 asitlendirilmiş etanol kullanılarak elde edilmiştir. Araştırmacılar, bu sonuçlara dayanarak, meyve ve sebzelerin toplam antosiyanin içeriğinin tahmini için spesifik çözücülere ihtiyaç duymayan hızlı bir yöntem olarak kolorimetrenin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Karaat ve arkadaşlarının (2019) yaptığı çalışmada, mahlep (*Prunus mahaleb* L.), yabani tatlı kiraz (*Prunus avium* L.), yabani vişne (*Prunus cerasus* L.), iki tatlı kiraz çeşidi ('Napoleon' ve 'Starks Gold') ve bir vişne çeşidi ('Kütahya') dahil olmak üzere çeşitli kiraz türlerinin fitokimyasal ve pomolojik meyve özellikleri belirlenmiş ve bu özellikler arasındaki ilişki korelasyon analiziyle incelenmiştir. Analiz sonucunda meyve büyüklüğü parametrelerinin TP (toplam fenol), TEAC (trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi), sitrik asit, toplam asitlik ve şeker ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca meyve ve çekirdek ağırlığının pH, TP, TEAC, sitrik asit ve şeker ile negatif korelasyon gösterdiği saptanmıştır. SÇKM (suda çözünür kuru madde) ile pH, C^* (kroma), TP, sitrik asit ve şekerler arasında pozitif korelasyon gözlenmiştir. TA (titre edilebilir asit) ise TP, TEAC, TMAC (toplam monomerik antosiyanin içeriği), sitrik asit, malik asit ve toplam asitlik ile pozitif, pH ve H° (hue açısı) ile negatif korelasyon göstermiştir. Renk parametrelerinden L^* ve b^* ; TP, TEAC ve TMAC ile negatif korelasyon gösterirken, a^* ; TP ve TEAC ile pozitif korelasyon göstermiştir. TP, TEAC ve TMAC arasında pozitif korelasyonlar saptanmış ve bu parametrelerin asitlerle de pozitif ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Son olarak, kroma ile antosiyanin içeriği arasında yüksek düzeyde negatif bir korelasyon bulunmuştur ($r = -0,63$).

Yan ve ark. (2023)'nın gerçekleştirdiği bir çalışmada, 2019 ve 2020 yıllarında hasat sırasında ve dört haftalık hasat sonrası depolama süresince 20 farklı yaban mersini genotipinde toplam 25 antosiyanin ve 14 flavonol miktarı belirlenmiş ve bu bileşiklerin meyvenin dış rengiyle olan ilişkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, yüzey renk parametreleri açıklık (L), kroma ve renk tonu (hue açısı), hasat sırasında ve depolama sürecinde ölçülen antosiyanin

konsantrasyonlarıyla zayıf bir korelasyon ($r < 0.4$) sergilemiştir. Ancak, dört haftalık depolama sonrasındaki renk değişiklikleri (Δ renk) ile antosiyanin konsantrasyonlarındaki değişiklikler arasında güçlü bir korelasyon ($r > 0.7$) tespit edilmiştir.

Smrke ve ark. (2023), yaban mersini meyvelerinin optimum hasat olgunluğunu belirlemek amacıyla, doğrudan bitki üzerinde DA-metre (delta emilimi) kullanarak klorofil emilimi (I_{AD}) ölçümleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada, farklı hasat olgunluğu aşamaları ile klorofil emilimi arasındaki korelasyon incelenmiş ve bir yöntem geliştirilmiştir. Ayrıca, 'Aurora' çeşidi üzerinde yapılan deneylerde, dört farklı olgunluk aşamasında (olgunlaşmamış, açık mor, koyu mor ve tamamen olgun) meyve kalite parametreleri (kabuk rengi, meyve sertliği), kimyasal bileşim (bireysel şekerler, organik asitler ve fenolikler) ve antosiyanidin sentaz (ANS) genlerinin göreceli ifadesi analiz edilmiştir. Sonuçlar, olgunlaşma sürecinde kabuk açıklığı (L^*), kroma (C^*), meyve sertliği ve organik asitlerin önemli ölçüde azaldığını; şekerler, şeker/organik asit oranı, toplam fenolikler ve ANS'nin bağıl ifadesinin ise belirgin şekilde arttığını göstermiştir. Bu parametrelerdeki değişimlerin R^2 değerleri 0.61 ile 0.97 arasında değişmiştir. Dört farklı olgunluk aşaması arasında I_{AD} (klorofil emilimi) değerlerinde önemli farklılıklar gözlenmiş olup, en yüksek I_{AD} değerleri tamamen olgunlaşmış meyvelerde, en düşük değerler ise olgunlaşmamış meyvelerde tespit edilmiştir (olgunlaşmamış = 1.51–1.70, açık mor = 1.71–1.90, koyu mor = 1.91–2.10 ve tamamen olgun = 2.11–2.30). Klorofil emiliminin olgunluk aşamasına bağlılığı doğrusal bir modelle gösterilmiş ve klorofil emilimi değişkenliğinin %97.5'inin olgunluk aşamasıyla açıklandığı belirtilmiştir. Bu bulgulara göre, 2.11–2.30 aralığında klorofil emilimi değerlerine sahip meyveler, yalnızca tamamen olgunlaşmış meyveler olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, bu yöntem sayesinde hasadın doğru zamanda yapılabileceğini, homojen meyve kalitesinin sağlanacağını ve bunun daha uzun depolama ile raf ömrüne katkı sağlayacağını vurgulamışlardır.

Meyve ve sebzelerde hasat zamanının belirlenmesi, hasat sonrası kalite değerlendirmesinin otomatikleştirilmesi ve robotik hasat için kullanılabilecek sistemlerin geliştirilmesine olan ilgi giderek artmaktadır. Bu doğrultuda, bilim insanları görüntü tabanlı fenotipleme yöntemini kullanarak meyve ve sebzelerin renklerini oluşturan pigmentleri analiz etmektedirler. Bu bağlamda, Kim ve ark. (2023), marulda antosiyanin konsantrasyonlarını tahmin etmek amacıyla görüntü tabanlı fenotipleme yöntemini kullanmıştır. Araştırmacılar, normalleştirilmiş fark antosiyanin indekslerini (NDAI) test etmek için çok çeşitli antosiyanin konsantrasyonlarına sahip iki kırmızı marul (*Lactuca sativa*) çeşidi olan 'Rouxai' ve 'Teodore'un yaprak disklerini multispektral bir görüntüleme sistemiyle görüntülemişlerdir. Kırmızı ve yeşil görüntüler,

NDAI'yi hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. İstatistiksel sonuçlar, NDAI'nin antosiyanin konsantrasyonlarının tahmininde diğer indekslere kıyasla daha avantajlı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, renkli kameralı Linux tabanlı bir mikrobilgisayar kullanılarak elde edilen multispektral görüntüler ile RGB görüntülerden elde edilen gölgelik NDAI'nin karşılaştırılması sonucunda, her iki yöntemin de antosiyanin konsantrasyonunu tahmin etmede benzer sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Böylece, kameralı düşük maliyetli bir mikrobilgisayarın, antosiyanin içeriğini tespit etmek amacıyla otomatik bir fenotipleme sistemi oluşturmak için kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Rahmanzadeh-Ishkeh ve ark. (2024)'nın yaptığı çalışmada, ahududu meyvelerine hasat sonrası melatonin uygulanmış ve bu uygulamanın meyvelerin antioksidan aktiviteleri, enzim aktiviteleri ve fitokimyasal içerikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, bu parametrelerle antioksidan aktivite arasındaki korelasyon da ortaya konulmuştur. Pearson korelasyon analizi sonuçlarına göre, antioksidan aktiviteler (DPPH ve FRAP) ve enzim aktiviteleri (PAL ve CAT) ile toplam fenolik madde (TPC), toplam flavonoid madde (TFC), toplam antosiyanin içeriği (TAC) ve toplam askorbik asit (TAA) arasında pozitif bir korelasyon gözlenmiştir. Sonuçlar, TPC (+0.61), TAC (+0.62) ve TAA (+0.6) ile DPPH antioksidan aktivitesi arasında pozitif ve anlamlı bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, TPC (0.76), TFC (0.72) ve TAC (0.91) ile FRAP antioksidan aktivitesi arasında da güçlü ve anlamlı pozitif korelasyonlar tespit edilmiştir. Çalışma, fenilalanin amonyak liyaz (PAL) ve tirozin amonyak liyaz (TAL) enzimlerinin ahududu meyvesinin sekonder metabolit üretiminde önemli roller oynadığını desteklemektedir. PAL enzimi ile TPC (+0.76) ve TAC (+0.62) arasındaki anlamlı pozitif korelasyon, bu durumu kanıtlamaktadır. Araştırmacılar, bu bulgulara dayanarak melatoninin, fenolik bileşikler artırarak ve antioksidan ile enzim aktivitelerini geliştirerek ahududu meyvelerinin raf ömrünü uzatabilecek çevre dostu bir bileşik olarak tanımlamışlardır.

2.2. Tarımda Makine Öğrenimi ile İlgili Yapılmış Bazı Çalışmalar

Kouadio ve ark. (2018), Robusta kahvesi (*C. canephora* Pierre ex A. Froehner) verimini tahmin etmek amacıyla ekstrem makine öğrenimi (ELM) modelini kullanarak toprak verimliliği özelliklerini analiz etmişlerdir. Bu amaçla, toprak organik maddesi (SOM), mevcut potasyum, bor, kükürt, çinko, fosfor, azot, değişebilir kalsiyum, magnezyum ve pH gibi çeşitli faktörlerin tekil ve çoklu kombinasyonlarına dayalı 18 farklı ELM modeli değerlendirilmiştir. ELM modelinin performansı, Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ve Random Forest (RF) gibi yaygın tahmin yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Performans değerlendirmesi, bağımsız test verileri

üzerinde hesaplanan ortalama hata kareleri karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), Willmott Endeksi (WI), Nash-Sutcliffe Etkinlik Katsayısı (ENS) ve Legates ve McCabe Endeksi (ELM) gibi metriklerle dayandırılmıştır. Sonuçlar, SOM, mevcut potasyum ve kükürt kullanılarak oluşturulan ELM modelinin, kahve verimini en doğru şekilde tahmin ettiğini göstermiştir (RMSE=496.35 kg ha⁻¹ veya $\pm$ %13.6; MAE=326.40 kg ha⁻¹ veya $\pm$ %7.9). Bu model, MLR (RMSE=1072.09 kg ha⁻¹; MAE=797.60 kg/ha) ve RF (RMSE=1087.35 kg ha⁻¹; MAE=769.57 kg ha⁻¹) modellerine kıyasla belirgin şekilde daha doğru sonuçlar üretmiştir. ELM modelinin doğruluğu, WI=0.9952, ENS=0.406 ve ELM=0.431 gibi normalleştirilmiş ölçümlerle de desteklenmiştir. Araştırmacılar, ELM modelinin, özellikle küçük ölçekli çiftliklerde kahve verimi tahmininde optimum toprak özelliklerinin belirlenmesinde tarım sektörüne önemli bir katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Başka bir çalışmada, hiperspektral görüntüleme (HSI) sistemi kullanılarak çilek meyvelerinin olgunluk aşamaları bahçe ve laboratuvar koşullarında tahmin edilmiştir. Erken olgunluk ve tam olgunluk aşamalarındaki çileklerden 370 ila 1015 nm dalga boyu aralığında HSI verileri toplanmıştır. Bu verilerden en uygun spektral özellikler, sıralı özellik seçimi (SFS) algoritması kullanılarak belirlenmiştir. Bahçe koşullarında 530 ve 604 nm, laboratuvar koşullarında ise 528 ve 715 nm dalga boyları en etkili spektral özellikler olarak seçilmiştir. Daha sonra, bu spektral özelliklerin doğruluğu, destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırıcısı ile test edilmiştir. Ayrıca, erken olgunlaşmış ve tam olgunlaşmış çilek örneklerini sınıflandırmak için önceden eğitilmiş AlexNet konvolüsyonel sinir ağı (CNN) kullanılmış ve %98,6 doğruluk oranı elde edilmiştir. Araştırmacılar, bu bulguların, gerçek zamanlı HSI sisteminin bahçe ve laboratuvar ortamlarında çilek olgunluğunu doğru bir şekilde tahmin etmede umut verici olduğunu ve çiftçiler ile üreticiler için hasat zamanı yönetimi açısından potansiyel bir uygulama sağlayabileceğini belirtmişlerdir (Gao ve ark., 2020).

Bitki ıslahçıları ve bitki fizyologları, kuraklığa dayanıklı, yüksek verimli bitki fenotipleri geliştirme konusunda büyük bir ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda Barradas ve ark. (2021), bitki kuraklık stresini otomatik olarak sınıflandırmak için yapay zekâ ve yansıma spektroskopisini bir araya getirerek invazif (numunenin parçalanarak ölçümlerin alınması) olmayan bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada, *Arabidopsis thaliana* bitkileri (Col-0 ekotipi), yavaşça uygulanan farklı dehidrasyon seviyelerine maruz bırakılmıştır: S0 (kontrol), S1 (orta derecede stres) ve S2 (şiddetli stres). Tamamen gelişmiş yaprakların yansıma spektrumları Ocean Optics USB4000 spektrometre ile kaydedilmiş ve her bir saksının toprak su içeriği (SWC, % olarak) belirlenmiştir. Yansıma spektrumlarına ait veri seti, karar ağaçları, rastgele

ormanlar ve aşırı gradyan artırma gibi farklı makine öğrenimi algoritmaları ile işlenmiştir. Bitkiler, üç farklı kuraklık stresi sınıfına (S0, S1 ve S2) göre sınıflandırılmış ve bu yöntemlerin performansları karşılaştırılmıştır. Tüm algoritmalar, %90'ın üzerinde F1 skoru ile yüksek başarı oranlarına ulaşmış ve yaklaşık 670 nm dalga boyundaki yansımanın, bitkilerin stres seviyelerini ayırt etmede en önemli spektral özellik olduğunu göstermiştir. Rastgele ormanlar, $0,96 \pm 0,05$ F1 skoru ile en yüksek performansı göstermiş ve eğitim verilerindeki rastgele örnekleme karşı en dayanıklı yöntem olarak öne çıkmıştır. Araştırmacılar, bu sınıflandırma yönteminin, yüksek verimli veri hatlarını kullanarak bitkilerin kuraklık stresine verdikleri fizyolojik tepkileri tespit etmek için umut vadeden bir araç olduğunu belirtmişlerdir.

Liu ve ark. (2021), pirincin (*Oryza sativa* L.) büyüme oranını simüle etmek için geleneksel bir regresyon algoritması (REG) ve iki yapay zeka tabanlı model olan yapay sinir ağı (YSA) ve gen-ifade programlamasını (GEP) karşılaştırmışlardır. Çalışmada, klasik geri yayımlı sinir ağı (BPNN) kullanılarak pirincin büyüme oranı modellenmiştir. Simülasyonlar, her bir algoritma için ortam sıcaklığı ve büyüme mevsimi gibi girdi değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, pirincin tüm yaşam döngüsü (Tr_{all}) boyunca ya sürekli bir büyüme dönemi ya da dört farklı büyüme aşamasının (Tr_{1-4}) toplamı modellenmiştir. Ancak, farklı büyüme aşamaları ayrı ayrı modellendiğinde, özellikle geçiş aşamalarında simülasyon hatalarının meydana geldiği gözlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, yapay zeka tabanlı doğrusal olmayan modeller, geleneksel regresyon modeline kıyasla daha doğru sonuçlar üretmiştir. Özellikle YSA, diğer iki modelden genel olarak daha iyi performans göstermiştir. REG ile karşılaştırıldığında, tüm büyüme dönemi için YSA'nın ortalama gün içi ortalama hata kareleri karekökü (RMSE) %41,38 ve ortalama mutlak hatası (MAE) %42,81 oranında azalma göstermiştir. GEP ise RMSE'de %30,14 ve MAE'de %31,21 oranında daha düşük hata oranları sunmuştur. Ancak, geçiş aşamalarında ortaya çıkan potansiyel hatalar ve YSA'nın yüksek donanım gereksinimleri göz önüne alındığında, araştırmacılar pirinç büyüme oranını modellemek için GEP- Tr_{all} modelini önermişlerdir.

Korkmaz (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, yapay sinir ağı (YSA) kullanılarak jeotermal enerjiyle ısıtılan bir serada üretim miktarı tahmin edilmeye çalışılmıştır. İki üretim sezonuna ait verilerle geliştirilen modelde Levenberg–Marquardt algoritması tercih edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, yapay sinir ağı modeli, serada elde edilen gerçek üretim verileri ile karşılaştırıldığında, toplam üretim miktarında %99,43 oranında doğru tahmin yapmıştır. Ancak, anlık üretim değerlerinin tahmininde bu modelin beklenen faydayı sağlayamayacağı belirtilmiştir. Bununla birlikte, modelin güvenilirliği mutlak ortalama sapma (MAD), hata

kareler toplamı (SSE), ortalama hata kareleri karekökü (RMSE) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) gibi performans ölçütleri ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda YSA'nın her açıdan güvenilir olup olmadığının bu metriklerle incelenmesi, modelin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini daha kapsamlı bir şekilde ortaya koymuştur.

İran'da yapılan bir çalışmada, dar şerit sulama (NSI) yöntemi tanıtılmış ve bu yöntemin su kullanım verimliliği (WUE) ile verimi, Miandoab bölgesindeki elma bahçelerinde tahmin edilmiştir (Dehghanisanij ve ark., 2022). Çalışmada tahmin işlemi için uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve mevsim optimizasyonu (SO) algoritmasını birleştiren hibrit bir model geliştirilmiştir. Sulama ve iklim faktörlerine dayalı olarak SO-ANFIS modelinde parametrelerin optimizasyonu amacıyla altı farklı model önerilmiştir. Model, 2019-2021 yılları arasında Miandoab'daki elma bahçelerinden elde edilen veri seti üzerinde test edilmiştir. Bu yeni NSI modeli, popüler sulama yöntemlerinden olan iki taraflı karık sulama (TSFI) ve havza sulama (BI) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, NSI'nin TSFI'ye kıyasla WUE'yi 1,90 kg/m³, BI'ye kıyasla ise 3,13 kg/m³ oranında artırdığını göstermiştir. Ayrıca, verim açısından NSI modeli TSFI'ye göre %8,57, BI'ye göre %14,30 oranında daha yüksek bir artış sağlamıştır. Deneysel sonuçlara göre, SO-ANFIS modelinin WUE ve verimi tahmin etmede R² değerleri sırasıyla 0.989 ve 0.988 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, SO-ANFIS'in performans ölçütleri açısından diğer yöntemlere göre daha üstün olduğunu ortaya koymuştur.

Soltanikazemi ve ark. (2023), dut (*Morus alba var. nigra* L.) suyunun iç kalite parametrelerini tahribatsız bir optik yöntemle belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında, 1000-8333 nm spektral aralığında FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) spektrumlarını elde etmişlerdir. Dut suyunun iç parametrelerini tahmin etmek için temel bileşen analizi (PCA) uygulanmış ve elde edilen temel bileşenler (PC'ler), üç farklı tahmin modeli olan destek vektör regresyonu (SVR), kısmi en küçük kare (PLS) ve yapay sinir ağına (YSA) girdi olarak verilmiştir. Model performans değerlendirmelerinde SVR'nin askorbik asit (R² = 0.84, RMSE = 0.29), asitlik (R² = 0.71, RMSE = 0.0004), fenol (R² = 0.35, RMSE = 0.19), toplam antosiyanin (R² = 0.93, RMSE = 5.85) ve esmerleşme (R² = 0.89, RMSE = 0.062) tahminlerinde PLS ve YSA'ya kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Öte yandan, YSA, TSS (çözünabilir katı madde) (R² = 0.98, RMSE = 0.003) ve pH (R² = 0.99, RMSE = 0.0009) parametrelerinde diğer iki modelden daha üstün performans göstermiştir. Sonuç olarak, SVR'nin FT-IR tekniği ile birlikte kullanıldığında dut suyunun kalite parametrelerini tespit etmekte yüksek bir tahmin performansı sunduğu ve bu yöntemin tahribatsız bir şekilde kalite kontrolü yapmak için kolayca uygulanabileceği belirtilmiştir.

2.3. Bitkilerde Antosiyanin Birikimini Tahmin Etmek için Makine Öğrenimi Tabanlı Geliştirilen Bazı Yöntemler

Askey ve ark. (2019), bitkilerde antosiyanin birikimini erken tespit etmek amacıyla, dijital renkli görüntüleme verilerini kullanarak bitki antosiyanin seviyeleri için bir tahmin modeli geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Araştırmada, beş farklı renk uzayında yirmi iki regresyon modeli eğitilmiş ve analiz edilmiştir. Sonuçlar, standart kırmızı, yeşil, mavi (sRGB) renk uzayı verileriyle eğitilen bir kantil rastgele orman (Quantile random forest) regresyon modelinin, gerçek antosiyanin seviyelerini en doğru şekilde tahmin ettiğini ortaya koymuştur. Bu model, *Arabidopsis thaliana* yapraklarındaki antosiyanin birikiminin uzamsal ve zamansal değişimlerini noninvaziv olarak izlemek amacıyla kullanılmıştır. Dijital görüntüleme temelli bu protokol, bitki stresinin tespiti için düşük maliyetli ve invaziv olmayan bir yöntem sunmaktadır. Araştırmacılar, benzer bir yaklaşımın ekonomik açıdan daha uygun mahsullere uygulanabileceğini ve bu sayede bitki sağlığını izlemek için büyük ölçekli ve uygun maliyetli sistemlerin geliştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu yöntem, tarım sektöründe bitkilerin erken dönem stres tespiti ve yönetimi açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Tziolas ve ark. (2021), kırmızı soğan kabuğunun fenolik bileşimini izlemek amacıyla Görünür Yakın-Kısa Dalga Kızılötesi (VNIR-SWIR) ve Fourier-Transform-Orta Kızılötesi (FT-MIR) spektroskopik analizlerini makine öğrenimi yöntemleriyle birleştirerek kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, toplam fenolik içerik (TPC) ve toplam monomerik antosiyanin içeriği (TAC) için kimyasal analizler yapılmış ve spektral kütüphaneler oluşturulmuştur. Bu süreçte kalibrasyon ve doğrulama veri setleri oluşturulmuş, ardından çeşitli makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak spektral analizler gerçekleştirilmiştir. K-en yakın komşu (KNN) modeli, VNIR-SWIR spektrumlarının 1. türevinden elde edilen verilerle TAC tahmininde umut verici sonuçlar vermiştir ($R^2 = 0.82$, RMSE = 0.52 ve RPIQ = 3.56). FT-MIR analizlerinde ise özellikle 600-900 ve 1500-1600 cm^{-1} aralığındaki 2. türev spektrumlarının kırmızı soğan kabuğunun fenolik bileşimleri hakkında daha bilgilendirici olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, bu çalışmanın tahribatsız spektroskopik araçların soğan atıklarının gerçek zamanlı kalite kontrolü için uygulanabilirliğini desteklediğini ve bu yöntemlerin tarım atık yönetimi açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Piccolo ve ark. (2022), *Prunus cerasifera* var. *pissardii* (süs eriği) yapraklarının toplam antosiyanin içeriğini (TAC) proksimal algılama spektroskopisi ve istatistiksel makine öğrenimi yöntemleri kullanarak ölçmeyi hedeflemiştir. Araştırma, yaprak yansıtma ve yansıma spektral ölçümlerinin görünürden kısa dalga kızılötesine kadar olan tüm spektral aralıkta incelenmesiyle

gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, eğitim verilerinin yalnızca dörtte biri kullanıldığında bile TAC erişiminde düşük tahmin hataları elde edildiğini göstermiştir (ortalama $0,34 \text{ mg g}^{-1}$ dan yüksek değil). Eğitim verilerinin daha yüksek kesirleri kullanıldığında performansın arttığı bildirilmiştir. Translektansın, geri getirme sürecine katkı sağladığı ve daha düşük tahmin hataları elde edilmesine yardımcı olduğu vurgulanmıştır. TAC erişim sürecinde, makine öğrenimi tekniğinin otomatik olarak dalga boyu seçimi yaptığı ifade edilmiştir. Araştırmacılar, bu yöntemin, TAC erişimi için en uygun dalga boylarının alt kümesini belirleyerek, sahada hızlı ve güvenilir antosiyanin ölçümleri için uygulanabilir, düşük maliyetli bir sistem geliştirilmesine yönelik önemli bir adım olduğunu belirtmiştir.

Komyshev ve ark. (2023), bilgisayarla görme ve makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak dijital görüntü analizi ile arpa tanesinin kabuğundaki antosiyanin ve melaninin varlığını değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda, arpa tanelerinin dijital RGB görüntülerini elde etmek için bir protokol geliştirilmiştir ve bu yöntemle 108 arpa çeşidi için toplam 972 görüntü elde edilmiştir. Bu çeşitlerin tohum kabukları, antosiyaninler, melaninler veya her iki tür pigmenti içerebilir. Pigment içeriğini belirlemek için kimyasal yöntemler kullanılmıştır. Görüntüler, dört sınıfa ayrılmıştır: (1) pigmentasyon yok, (2) sadece antosiyanin varlığı, (3) sadece melanin varlığı, (4) hem antosiyanin hem de melanin varlığı. İlk sınıflandırma modeli, Scikit-learn paketinde uygulanan Rastgele Orman algoritması ile oluşturulmuştur. Ayrıca, derin makine öğrenimi yöntemlerine dayalı üç model daha uygulanmıştır. Bunlar arasında, evrişimli sinir ağları (CNN'ler) ailesinden olan ResNet-18 mimarisi, U-Net mimarisiyle birlikte bir sınıflandırma katmanı eklenerek oluşturulmuş bir model ve U-Net+ClassSegment adı verilen, ResNet-34 kodlayıcı ile oluşturulmuş bir model bulunmaktadır. Çalışmanın sonuçları, renk özelliklerine dayalı Rastgele Orman algoritmasının, evrişimsel sinir ağı yaklaşımlarına göre daha düşük sınıflandırma performansı gösterdiğini ortaya koymuştur. Rastgele Orman yöntemi, protokol veya görüntüleme koşullarındaki küçük değişikliklere karşı hassas olup evrişimsel sinir ağlarına kıyasla genelleme yeteneğini kaybetmektedir. Klasik sınıflandırma modeli mimarisinin, iki kanallı tüm görüntü segmentasyon modeline göre doğruluk açısından daha düşük olduğu belirtilmiştir. U-Net sinir ağı ile segmentasyon yapılan "sınıflandırma kafalı" model ise en iyi sonuçları vermiştir ($\text{ACC} = 0.821$) ve arpanın pigment içeriğini belirleme görevinde tercih edilen yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Doğal kaynaklı gıdalardaki kimyasal bileşenleri incelemek, besin içeriklerini anlamamıza önemli katkılar sağlar. Ancak günümüzde bu analizler genellikle incelenen numuneyi tahrip eden invaziv yöntemlerle gerçekleştirilmekte, bu da pahalı ve zaman alıcı bir süreç

doğurmaktadır. Bilgisayarla görme (computer vision) ise, renk özelliklerini dijital görüntü işleme ile elde ederek besin içeriğini belirlemek için invazif olmayan bir alternatif sunmaktadır. Bu alanda literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Morales-Reyes ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, homojen renkteki yerel fasulye çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) antosiyanin içeriğini tahmin etmek için konvolüsyonel sinir ağları (CNN) kullanılmıştır. Bu çalışmada, HSI (renk tonu, doygunluk, yoğunluk) ve CIE Lab* (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) renk uzaylarında bir olasılık kütle fonksiyonu (PMF) girdi olarak kullanılmıştır. Önerilen bu yöntem "AnthEstNet" (Antosiyanin Tahmin Ağı) olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar, fasulye örneklerinin dijital görüntülerini almak ve PMF tarafından temsil edilen kolorimetrik özelliklerini çıkarmak için özel bir metodoloji geliştirmiştir. AnthEstNet, aynı renk uzaylarında farklı karakterizasyona sahip regresyon yöntemleri ve yapay sinir ağları (YSA) ile karşılaştırılmıştır. Performans, hassasiyet ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, AnthEstNet'in istatistiksel olarak invaziv yöntem sonuçlarına (pH diferansiyel yöntemi) eşdeğer bir performans sergilediğini göstermiştir. H (renk tonu) ve S (doygunluk) kanallarında, AnthEstNet'in test setinde 10,95 standart sapma ile %87,68'lik bir hassasiyet değeri elde ettiği ve hata kareler ortalamasının karakökü (RMSE)'nin ve R²'nin sırasıyla 0,49 ve 0,94 olarak gerçekleştiği rapor edilmiştir. CIE Lab* renk modelinin a* ve b* kanalları üzerinde ise, AnthEstNet'in 11,84 standart sapma ile %87,49 hassasiyet değerine ve 0,51 RMSE ve 0,93 R² değerine ulaştığı belirtilmiştir. Bu sonuçlar, bilgisayarla görme teknolojilerinin gıda analizi için potansiyelini ortaya koymaktadır.

Li ve ark. (2023) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, hiperspektral görüntüleme kullanarak dut meyvesinin antosiyanin içeriğini tespit etmek ve görselleştirmek amacıyla hızlı, tahribatsız ve yüksek hassasiyetli bir yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla, farklı olgunluk aşamalarındaki iki çeşidin meyvelerine ait görünür yakın kızılötesi hiperspektral görüntüler toplanmıştır. Yüksek boyutlu hiperspektral verilerin boyutunu azaltmak için ardışık projeksiyon algoritması (SPA), rekabetçi uyarlanabilir yeniden ağırlıklı örnekleme (CARS) ve yığılmış otomatik kodlayıcı (SAE) teknikleri kullanılmıştır. Dut meyvesinin antosiyanin içeriğini tahmin etmek için en küçük kareler-destek vektör makinesi ve aşırı öğrenme makinesi (ELM) modelleri oluşturulmuştur. Modellerin ana parametrelerinin optimizasyonu için genetik algoritma (GA) kullanılmıştır. Sonuçlar, antosiyanin içeriği arttıkça spektral yansımanın azaldığını göstermektedir. CARS, SPA ve SAE uygulamalarıyla sırasıyla 15, 7 ve 13 karakteristik değişken çıkarılmıştır. SAE-GA-ELM tabanlı model, hem eğitim hem de test setinde 0,97 R² ve 0,22 mg g⁻¹ RMSE ile en iyi performansı elde etmiştir. Bu model, dut

meyvelerindeki antosiyanin içeriğinin dağılımını belirlemek için kullanılmıştır. Dut meyvesi görüntülerinin her bir pikseline SAE-GA-ELM modeli uygulanarak, üç olgunluk aşamasındaki antosiyanin içeriğindeki değişiklikleri görselleştirmek için dağılım haritaları oluşturulmuştur. Genel sonuçlar, SAE-GA-ELM ve hiperspektral görüntülemenin, dut meyvelerindeki antosiyanin içeriğinin hızlı, tahribatsız ve yüksek hassasiyetli bir şekilde tespit edilmesine ve görselleştirilmesine yardımcı olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma, gıda kalite değerlendirmesinde modern teknolojilerin etkinliğini göstermektedir.

Antosiyaninler, endüstriyel kullanım için önemli hammadde kaynaklarıdır ve mor mısır bu bileşenler açısından zengindir. Mor mısırdaki antosiyanin içeriğini belirlemek amacıyla hızlı ve tahribatsız bir yöntem geliştirmek önemlidir. Bu bağlamda, Wang ve ark. (2024) on mor mısır hibriti üzerinde bir tarla deneyi gerçekleştirmiş ve dijital kamera kullanarak bitki görüntüleri toplamışlardır. Araştırmada, farklı organ tiplerinin antosiyanin içeriği belirlenmiş ve görüntülerdeki kırmızı (R), yeşil (G) ve mavi (B) ortalama değerleri çıkarılmıştır. RGB aritmetik işlemleriyle elde edilen renk indeksleri, antosiyanin içeriğinin tahmini için model oluşturmada kullanılmıştır. Sonuçlar, mor mısırdaki spesifik renk indeksinin organ tipine göre farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin, taneler için AC_{CR} (Antosiyanin İçeriği, Kroma Oranı), koçanlar için BRT (Parlaklık), kabuklar için AC_{CB} (Antosiyanin İçeriği, Kroma Temeli), saplar için R, kılıflar için AC_{CB} ve lamina için BRT belirlenmiştir. Farklı organlar için renk indeksleri ile antosiyanin içeriği arasındaki ilişkiler doğrusal modellerle tanımlanmış ve R^2 değerleri 0.64 ile 0.94 arasında değişmiştir. Ayrıca, NRMSE (Normalleştirilmiş Karekök Hata) değerleri, doğrusal modellerin tahmin doğruluğunu 2:1 örneklem büyüklüğü ile onaylamıştır. Ortalama NRMSE değerleri tanelerde %11,68, koçanlarda %13,66, kabuklarda %8,90, saplarda %27,20, kılıflarda %7,90 ve laminada %15,83 olarak belirlenmiş ve tüm değerlerin %30'un altında olması, modelin güvenilirliğini göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, mor mısırdaki antosiyanin bakımından zengin organların hızlı ve tahribatsız tahmini için yenilikçi bir yöntem sunduğunu rapor etmektedir. Bu tür çalışmalar, mor mısırın potansiyelinin daha iyi değerlendirilmesine ve gıda endüstrisinde kullanılabilirliğine önemli katkılarda bulunabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Ön Çalışma

Tez çalışmasından önce, doğru analizleri belirleyebilmek adına öncesinde bir çalışma dizayn edilmiştir. Siyah dut meyvesi karaduttan daha önce olgunlaştığı için ilk ön çalışma siyah dut ile yapılmıştır. 2022 yılının haziran ayında siyah dut meyveleri farklı olgunluk düzeylerinde hasat edilmiştir. Laboratuvar ortamında her bir meyvenin dört tarafından dış renk ölçümleri yapılmıştır. 50 ml'lik falkon tüplere alınan meyvelerin her birinin üzerine, meyve suyu elde edebilmek için, 10 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra meyveler homojenizatör yardımı ile parçalanarak sulu hale getirilmiştir. Fakat bu aşamada meyvenin sahip olduğu dış renk, oksitlenme olayının etkisiyle değişime uğrayarak meyve suyunda mat bir görünüm kazanmıştır. Meyve suları, santrifüj yardımıyla, elde edildikten sonra her bir meyvenin sahip olduğu toplam monomerik antosiyanin içeriği (her meyve için üç okuma yapılmıştır) belirlenmiştir. Dış renk parametreleri ile antosiyanin içerikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi yapılmıştır. Ön çalışmanın sonucunda oluşan korelasyonların düşük olduğu tespit edilmiştir. Siyah dut meyvelerinde dış renk ile antosiyanin arasındaki ilişkinin zayıf çıkması, oksidasyon olayından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Yapılacak Ölçümlerin Belirlenmesi

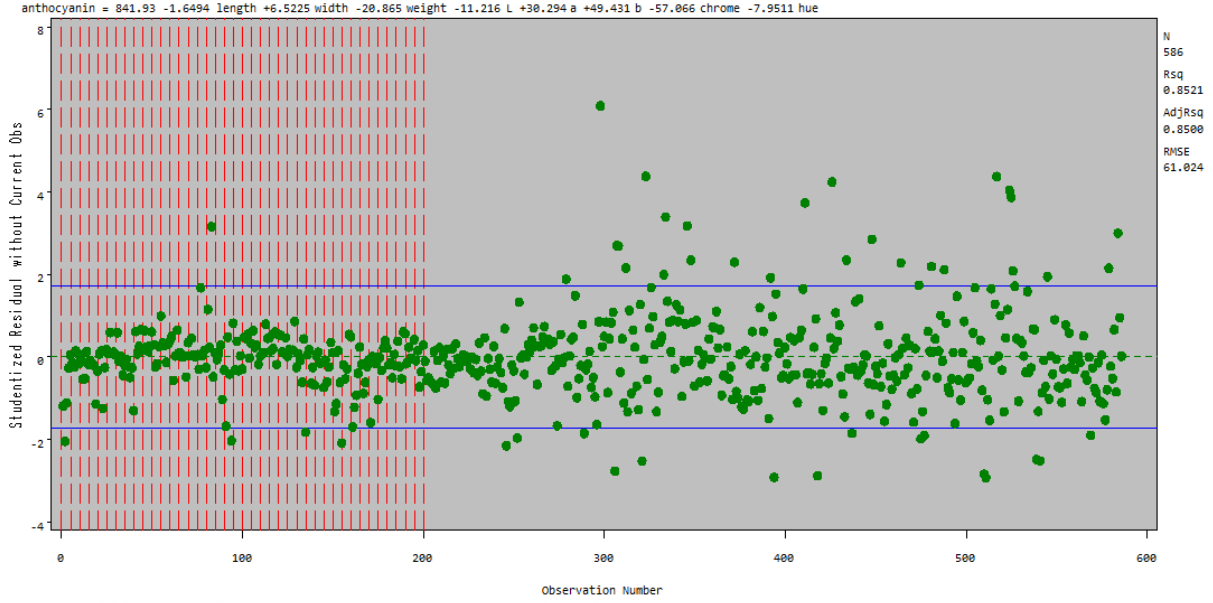
Daha sonra karadut meyveleri ile ön çalışmalar yapılmıştır. 2022 yılının temmuz ayında, siyah dutta olduğu gibi, karadut meyveleri de farklı olgunluk aşamalarında hasat edilmiştir. Dış renk ölçümlerine ek olarak meyvelerin en, boy ve ağırlık ölçümleri de yapılmıştır. Karadut meyveleri ile yapılan bu ilk ön çalışmada, meyveleri homojenizatörde parçalamak yerine sadece presleme yoluyla meyve suları elde edilmiştir. Her bir meyve suyunun antosiyanin içeriği belirlendikten sonra korelasyon analizi yapılmıştır. Deneme sonucunda, antosiyanin ile pomolojik özellikler arasında düşük korelasyonlar belirlenmiştir. Bu sonuç bizi tekrar homojenizatör kullanımına yöneltmiştir.

Aynı yıl karadut ile yapılan ikinci ön çalışmada ise farklı olgunluktaki her bir meyvede şu fiziksel ölçümler yapılmıştır: en, boy, ağırlık, dış renk (L^* , a^* , b^* , Chroma ve hue açısı parametreleri). Fiziksel ölçümlerin peşi sıra homojenize ve santrifüj işlemleri yapılarak meyve suları elde edilmiştir. Homojenizatör kullanımının karadut meyvelerinde siyah dutta olduğu gibi bir renk değişimi meydana getirmediği gözlemlenmiştir. Bu durum, karadut meyvesinin siyah duta kıyasla antioksidanlarca daha zengin olduğu ile ilişkilendirilebilir (Dinçer ve ark.,

2022). Son olarak meyvelerin antosiyanin içeriği de belirlenerek belirlenen özellikler arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Bu ön çalışmadan elde edilen sonuçlar ‘Relationships between anthocyanin content and some pomological and colour characteristics of black mulberry (*Morus nigra*) fruit’ başlığı ile yayınlanmıştır (Öcalan ve Saraçoğlu, 2024). Çalışmadan elde edilen korelasyon analizi sonuçları Tablo 3.1’de verilmiştir. Aynı yayında, çoklu regresyon analizi ile çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuş ve modelin hata dağılımı grafiği elde edilmiştir (Grafik 3.1).

Tablo 3.1. Pearson korelasyon analizi, N=586 (Öcalan ve Saraçoğlu, 2024)

	anthocyanin	length	width	weight	L*	a*	b*	chroma
length	0.25 0.0001							
width	0.56 0.0001	0.61 0.0001						
weight	0.39 0.0001	0.84 0.0001	0.72 0.0001					
L*	-0.79 0.0001	-0.36 0.0001	-0.59 0.0001	-0.54 0.0001				
a*	-0.85 0.0001	-0.42 0.0001	-0.63 0.0001	-0.55 0.0001	0.73 0.0001			
b*	-0.82 0.0001	-0.39 0.0001	-0.66 0.0001	-0.55 0.0001	0.86 0.0001	0.89 0.0001		
chroma	-0.86 0.0001	-0.42 0.0001	-0.66 0.0001	-0.57 0.0001	0.79 0.0001	0.98 0.0001	0.96 0.0001	
hue	-0.86 0.0001	-0.38 0.0001	-0.65 0.0001	-0.55 0.0001	0.83 0.0001	0.90 0.0001	0.96 0.0001	0.93 0.0001



Grafik 3.1. Çoklu modeldeki hataların dağılım grafiği (Öcalan ve Saraçoğlu, 2024)

Yapılan ön çalışmalar sonucunda antosiyanin ile yüksek düzeyde ilişkili olduğu belirlenen L*, a*, b*, pH ve SÇKM ölçümlerinin yapılmasına karar verilmiştir.

3.1. MATERYAL

3.1.1. Çalışmada kullanılan dut genotipleri

Tez kapsamında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan TÜBİTAK TOVAG tarafından desteklenen 106 O 102 nolu proje yardımıyla selekte edilmiş karadut (*Morus nigra* (K60)) genotipinden yararlanılmıştır. Meyveler hasat edilmeden önce Karadut ağaçlarının kültürel işlemleri (sulama, budama, yabancı ot temizliği, hasatlık ve zararlı kontrolü) düzenli olarak yapılmıştır (Şekil 3.1.1).



Şekil 3.1. Karadut ağaçlarının bulunduğu parsel (Orijinal)

Çalışma süresince oluşabilecek hataları minimize etmek adına meyveler tek bir karadut ağacından hasat edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Tez kapsamında kullanılan karadut ağacı (Orijinal)

3.1.2. Karadut meyvelerinin toplanması

Tez çalışması kapsamında incelenen meyveler, iki yıl boyunca ardışık olarak hasat edilmiştir. İlk hasat, Temmuz 2022’de, ikinci hasat ise yine Temmuz 2023’te karadut ağaçlarından gerçekleştirilmiştir. Toplam monomerik antosiyanin içeriğini daha doğru tahmin edebilmek için, meyveler rastgele seçilmiş ve her bir meyvenin kendine özgü karakterini yansıtmaları amacıyla farklı olgunluk dereceleri dikkate alınmıştır. Meyveler, kırmızı renkten (ham aşama) morumsu-siyah renge (olgunlaşma aşaması) kadar değişen olgunluk düzeylerinde toplanmış (Şekil 3.3) ve analizler için laboratuvara taşınmıştır. Bu hasat ve analiz işlemleri, meyvelerin olgunlaşma durumlarına bağlı olarak 2-3 hafta süren bir süreç içinde tamamlanmıştır. Meyveler taze olarak analiz edildiğinden, her hasat döneminde en fazla 50 meyve toplanmıştır.



Şekil 3.3. Farklı olgunluk seviyelerindeki karadut meyvelerinin ağaç üzerinde görünümü
(Orijinal)

Farklı olgunluk seviyelerinde hasat edilen karadut meyveleri Şekil 3.4'te görsel olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Farklı olgunluk seviyelerindeki karadut meyvelerinin görünümü (Orijinal)

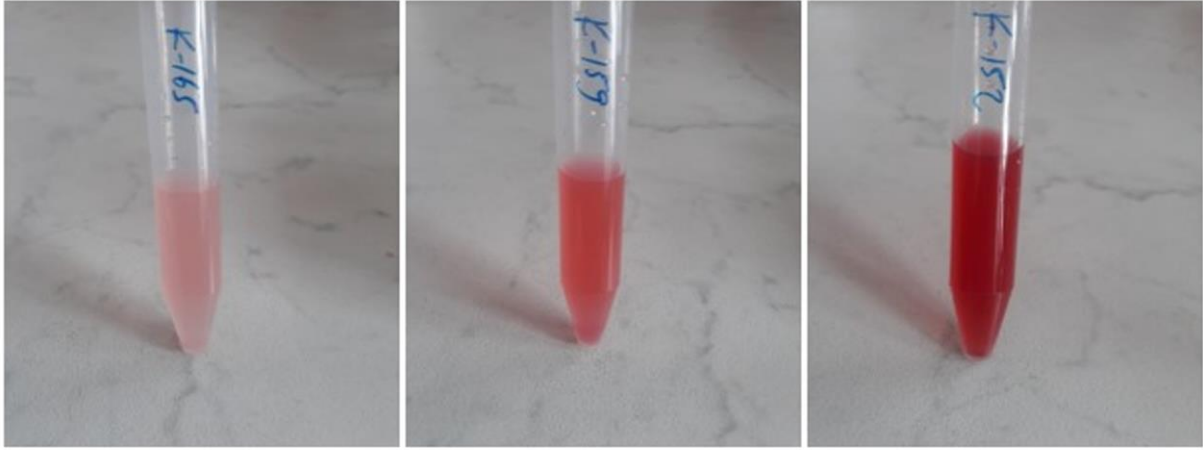
Şekil 3.5’de karadut meyvelerinin farklı olgunluk aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Karadut meyvelerinin farklı olgunluk aşamalarının görünümü (Orijinal)

3.2. YÖNTEM

Çalışmada farklı olgunluk düzeyinde yaklaşık 871 adet meyve hasat edildikten sonra, her meyve için pH, SÇKM, bireysel renk ve antosiyanin miktarı değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.6).



ANTOSİYANİN	20,50	103,75	264,91
SÇKM	6,40	10,91	15,30
pH	2,97	3,19	3,54
L	41,48	33,01	27,70
a	19,01	19,70	6,03
b	15,17	6,88	-1,77

Şekil 3.6. Farklı olgunluk düzeylerindeki karadut meyvelerinin özellikleri (Orijinal)

Daha sonra elde edilen değerler ile çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Bu amaçla renk tayinine ait L, a, b, SÇKM ve pH değerleri bağımsız değişken, antosiyanin içeriği ise bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Regresyon analizinde olası bütün regresyon denklemleri içinden en uygun olanı belirlenmiştir. Regresyon analizi sonucunda bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında yüksek korelasyon olduğu tespit edildikten sonra bu veriler makine öğrenimine aktarılarak antosiyanin değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yapılan analiz ve testler şu şekildedir:

3.2.1. Meyve Rengi Tayini

Renk ölçümleri için Minolta Chroma Meter, CR- 400, Japan cihazı kullanılmıştır (Cemeroğlu, 2010). Renk okumalarına başlamadan önce cihaza ait standart kalibrasyon skalası ile cihaz kalibre edilmiştir. Örnekler beyaz bir zemine konularak renk ölçümü yapılmıştır (Şekil 3.7). Toplamda 871 adet meyvede okuma yapılmıştır. Her bir meyve dört farklı yüzeyinden ölçüm yapılarak, bu değerlerin ortalaması meyvenin renk değeri olarak kabul edilmiştir. Temel olarak renk ölçümü L, a, b olmak üzere üç parametre üzerinden yapılmaktadır. “L” parlaklık 0 ile 100 arasında değerler alabilmektedir. L, “0” değerini siyah renkte hiçbir yansımanın olmadığı durumda alırken 100 değerini mükemmel yansımanın olduğu beyaz renkte almaktadır. “a” renk skalası kırmızılık değeri olarak bilinir. Pozitif değer kırmızılığı temsil ederken, negatif a

değerleri yeşili temsil etmektedir. “b” renk skalası sarılık değerlerini vermektedir. Pozitif b değerleri sarılığı temsil ederken, negatif b değerleri maviliği temsil etmektedir (McGuire 1992).



Şekil 3.7. Renk ölçer (Minolta Chroma Meter, CR- 400, Japan) (Orijinal)

3.2.2. pH ve Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM) Tayini

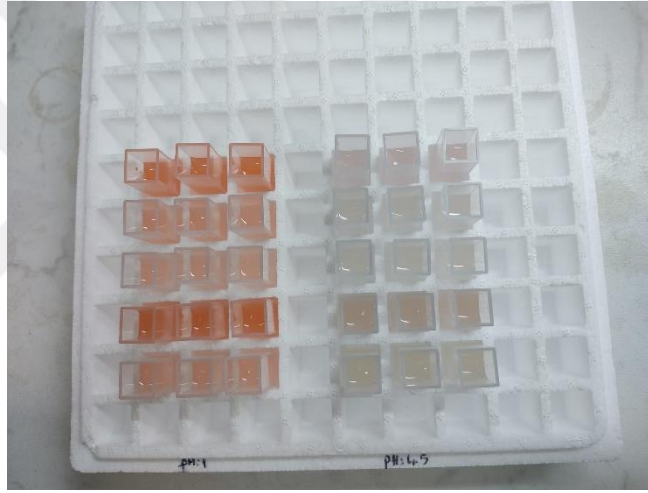
871 adet meyve, dış renk ölçümü yapıldıktan sonra teker teker 50 mL’lik falkon tüp içerisinde homojenizatör (IKA T 18 Digital Ultra-Turrax®) ile parçalanıp sulu hale getirilmiştir. Örneklerin pH’ı pH metre (Hanna, model HI2211) ile ölçülmüştür. SÇKM ölçümü için öncelikle pulplu meyve suları santrifüje koyularak meyve suları çıkarılmıştır. Ardından meyvelerin SÇKM’si bir dijital refraktometre (Atago PAL-1, Japan (Brix= 0-53%)) ile ölçülüp, yüzde olarak ifade edilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Homojenizatör (sol üstte), pH metre (sağ üstte), Santrifüj (sol altta), Refraktometre (sağ altta) (Orijinal)

3.2.3. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini

Toplam monomerik antosiyanin (TMA) tayini, Giusti ve Wrolstad (2005)'te açıklanan pH diferansiyel yöntemiyle belirlenmiştir. 0,3 μL numune ekstraktları üzerine 2.7 mL potasyum klorür ve sodyum asetat tamponları (sırasıyla pH 1.0 ve 4.5) ile ayrı kaplarda birleştirilmiştir (Şekil 3.9). Bir dengeleme süresinden (15 dakika) sonra, her çözeltinin ham absorbansı UV-vis spektrofotometrede (Model T60U, PG Instruments) 533 ve 700 nm'de ölçülmüştür (Şekil 3.10). Düzeltilmiş absorbans değeri $[(A_{533}-A_{700}) \text{ pH } 1,0 - (A_{533}-A_{700}) \text{ pH } 4,5]$ olarak hesaplanmıştır. Antosiyanin içeriği, siyanidin 3-glikozitin ($\epsilon = 26.900$; $\text{MW} = 449.2$) molar absorptivitesi (ϵ) ve moleküler ağırlıkları (MW) kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, siyanidin 3-glukozit eşdeğerlerinin ($\mu\text{g cy-3-glu g}^{-1} \text{ ta}$) mikrogramları (μg) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.9. pH 1 ve pH 4.5 bafırları eklenmiş örneklerde renk değişimi (Orijinal)



Şekil 3.10. UV-vis spektrofotometre (Model T60U, PG Instruments) (Orijinal)

3.2.4. İstatistiksel Analiz

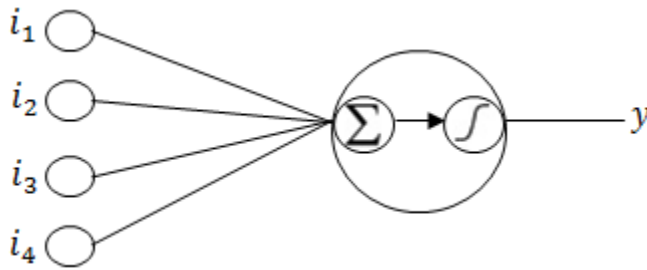
İlk olarak, SAS sürüm 9.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılarak değişkenler arasındaki Pearson korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Tahmin için makine öğrenimi araçlarından yapay sinir ağı (YSA), destek vektör makinesi (SVM), K-en yakın komşuluk ve karar ağaçları tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Deneysel analizler Weka platformunda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada tahmin için kullanılan yöntemler yüksek başarı oranları ve zaman performansları nedeniyle kullanılmıştır (Öztürk 2008, Ayhan ve ark., 2014; Yöntem ve Adem, 2019).

Tez çalışmasında, karadut meyveleri 2022 ve 2023 yıllarında farklı olgunluk düzeylerinde hasat edilerek fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Makine öğrenmesi modelinde bağımsız değişken olarak karadut meyvesinin L, a ve b renk parametreleri ile pH ve SÇKM değerleri; bağımlı değişken olarak ise TMA değerleri kullanılarak TMA değerleri tahmin edilmiştir. Bağımlı değişken olan TMA değerinin tahmin edilmesinde MLPNN, SVM, KNN ve RandomForest algoritmalarının performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Makine öğrenimi modellerinde verinin %80'i (697 adet meyvenin verileri) modeli eğitmek için kullanılırken, geri kalan %20'si (174 adet meyvenin verileri) modelin performansını test etmek için kullanılmıştır. Ayrıca geliştirilen modellerde 5-katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation) yöntemi

uygulanmıştır. Bu yöntemde veri, eşit büyüklükte 5 parçaya bölünür. Her bir parça, sırasıyla test verisi olarak kullanılırken diğer 4 parça eğitim için kullanılır. Bu işlem, her bir veri parçasının test verisi olarak kullanılmasıyla toplamda 5 kez tekrarlanır ve elde edilen sonuçların ortalaması alınarak modelin genel performansı değerlendirilir. 5-katlı çapraz doğrulama, modelin doğruluğunu daha güvenilir bir şekilde değerlendirmek ve veri setindeki tüm örnekleri test etmiş olmak için tercih edilen bir yöntemdir.

3.2.4.1. Yapay Sinir Ağı – MLPNN algoritması

Yapay Sinir Ağı (YSA), neden ve sonuçları bilinen örnekleri yorumlayarak karşılaşılan yeni örnekler üzerinde sonuç üreten süreçleri tahmin etme yöntemidir. Bu çalışmada yapay sinir ağı modeli olarak Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı (MultilayerPerceptron-MLPNN) modeli kullanılmıştır (Öztürk 2008). Bu model girdi, gizli ve çıktı olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. Gizli katman aktivasyon fonksiyonuna sahip nöronlar içerir. Şekil 3.11'de MLPNN'de kullanılan örnek bir nöron gösterilmektedir.



Şekil 3.11. MLPNN'de kullanılan örnek bir nöron (Yöntem ve Adem, 2019)

Şekil 3.11'de gösterildiği gibi, verilerin her bir boyutu ($i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$) ayrı bir ağırlıkla ($w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$) çarpılır ve girişler nörondaki iki işlem birimini düşünerek geçer ve elde edilen değer çıkışa (y) aktarılır. İlk işlem birimi, gelen her veriyi ağırlıklarla çarpan ve sonuçları toplayan doğrusal bir birimdir. Daha sonra bu sonuç aktivasyon fonksiyonunu içeren ikinci bir birime gönderilir. Aktivasyon fonksiyonunun geçtiği düşünülen değer daha sonra çıktı katmanına aktarılır. Gizli katmanda kullanılan denklemler Eşitlik 1 ve 2'de verilmiştir.

$$n = \sum_k i_k w_k \quad (1)$$

$$y_{out} = g(n) \quad (2)$$

Denklem 2'deki g ifadesi aktivasyon fonksiyonunu göstermektedir. Çalışmada aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

MLPNN'de, nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlıklarını ayarlayarak ağın çıktısını optimize eden çeşitli geri yayılım eğitim algoritmaları kullanılır (Hagan ve ark. 1994). Bu şekilde gerçek değer (y) ile ağın çıkışındaki değer (y') arasındaki fark bulunur ve tüm bağlantıların ağırlıkları hesaplanan değerlere göre güncellenir. Güncelleme aşamasında genellikle gradyan azaltma yöntemi kullanılır (Kaastra vd. 1996). Bu işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan denklemler Eşitlik 3, 4 ve 5'da verilmiştir.

$$e = y' - y \quad (3)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{2} e^2 \quad (4)$$

$$\Delta w = -\eta (\delta \varepsilon / \delta w) \quad (5)$$

Denklem 3, gerçek değer ile ağ tarafından hesaplanan değer arasındaki sapmayı gösteren e değerini hesaplar. Denklem 4, nöronun anlık hata enerjisi (ε) hesaplar. Denklem 5'de her bir ağırlığın güncelleme miktarı (Δw), hesaplanan hata enerjisinin ilgili nörona gelen tüm bağlantı ağırlıklarına mevcut ağırlıklarla (w) ters orantılı bir şekilde dağıtılmasıyla hesaplanır (Kaastra vd. 1996, Nabiyev 2003). Veri kümesindeki her bir örnek için ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak çözümlerin ortalamaları hesaplanır.

Şekil 3.12'de antosiyanin tahmini için geliştirilen MLPNN algoritmasının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.12. Tahminleme için geliştirilen MLPNN algoritmasının teknik özellikleri

batchSize, modelin eğitim sürecinde kullanılacak örnek sayısını belirler. learningRate, modelin ağırlıklarının güncellerken her adımda ne kadar değişiklik yapılacağını belirleyen bir parametredir. MLPNN modelinde batchSize olarak 100 ve learningRate olarak 0.3 değerleri tercih edilmiştir. batchSize'ın 100 olarak belirlenmesinin nedeni, modelin hem öğrenme hızını artırmak hem de genelleme yeteneğini korumak amacıyla dengeli bir veri işleme sunmasıdır. Ayrıca, literatürdeki önceki çalışmalar bu değerin benzer veri kümesi üzerinde iyi sonuçlar

verdiğini göstermektedir (Goyal ve ark., 2017; Krizhevsky ve ark., 2012). learningRate'in 0.3 olarak seçilmesi, modelin daha hızlı konverjans sağlaması ve yüksek karmaşıklıkta olan modelin etkin bir şekilde öğrenmesini desteklemesi amacını taşımaktadır (Smith, 2017).

3.2.4.2. Destek vektör makinesi - SVM algoritması

SVM algoritması, regresyon problemini çözmek için SMO (Sequential Minimal Optimization) algoritmasına dayanmaktadır. Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi ele almak için kullanılan ve tahmin sorununu çözebilen matematiksel bir istatistik yöntemidir. SVR (Destek Vektör Regresyonu), tahmin için fonksiyon regresyon problemini ele almak için bir SVM (Destek Vektör Makineleri) algoritmasıdır ve çizgi dışı tahminde kullanılabilir. SMO ise Smola ve Scholkopf tarafından SVR regresyonunu kullanmak için önerilen iteratif bir optimizasyon algoritmasıdır. Doğrusal olmayan SVR algoritması, optimizasyon arayışı problemine atfedilebilir:

$$\max_{\alpha^{(*)} \in \mathbb{R}^{2l}} -\frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l (\alpha_i^* - \alpha_j)(\alpha_j^* - \alpha_i) K(x_i \bullet x_j) - \epsilon \sum_{i=1}^l (\alpha_i^* + \alpha_i) + \sum_{i=1}^l y_i (\alpha_i^* - \alpha_i) \quad (6)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^l (\alpha_i^* + \alpha_i) = 0 \\ \alpha_i^{(*)} \in (0, C), i = 1, \dots, l \end{cases} \quad (7)$$

Regresyon fonksiyonu şu şekilde ifade edilir:

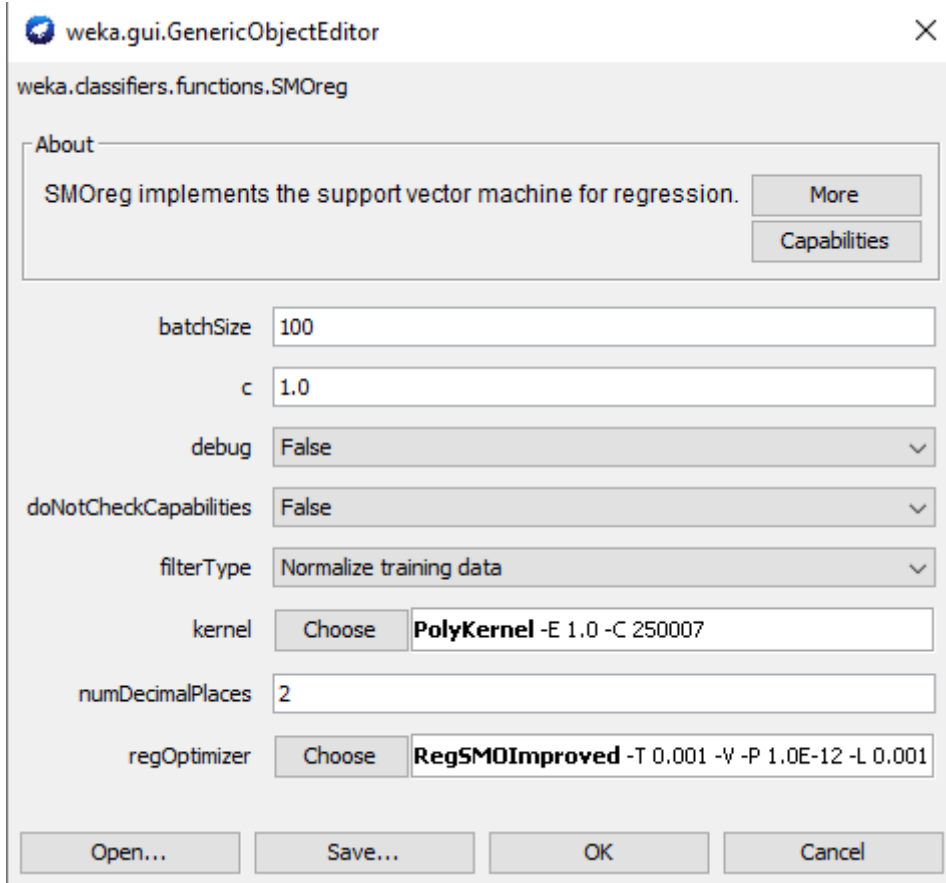
$$f(x) = \sum_{i=1}^l (\alpha_i - \alpha_i^*) K(x_i \bullet x) + b \quad (8)$$

Blok algoritması, sabit örnek seti ve benzeri gibi SVM optimizasyon algoritmasına ait bazı algoritmalar olmuştur. Ancak SMO ile diğerleri arasındaki fark, SMO'nun optimizasyon problemlerinin her adımını azaltmasıdır. SMO'nun ana prensibi şudur: ilk olarak, çalışma örneğinin boyutu olarak 2'yi ayarlarız; daha sonra orijinal çarpanı iki yeni Lagrange çarpanı ile değiştiririz.

SVM, sıradan SMO'da bulunan tek eşğin neden olduğu kaotik ve verimsiz problemin üstesinden gelir ve ikili problemle ilgili optimizasyon kılavuzlarından ipuçları alır. İki eşik parametresi kullanır ve orijinal SMO'dan daha verimlidir. SVM, model olarak yapısal risk

minimizasyonu kısıtlamalarını kullanır; regresyon tahmini ve doğrusal olmayan, küçük örnek verileri işleme konusunda iyi bir yeteneğe sahiptir ve karakteristiği sıralı minimum optimizasyondur (Wang ve ark., 2012).

Tez kapsamında antosiyanin tahmini için geliştirilen SVM algoritmasının teknik özellikleri Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Tahminleme için geliştirilen SVM algoritmasının teknik özellikleri

SVM algoritmasında batchSize olarak 100 ve kernel tipi olarak PolyKernel tercih edilmiştir. batchSize’in 100 olarak belirlenmesinin nedeni, modelin eğitim sürecinin verimliliğini artırmak ve yeterli sayıda veri örneği ile güncellemeler yaparak genelleme yeteneğini korumaktır. PolyKernel tercihi ise, veri kümesindeki doğrusal olmayan ilişkilerin daha iyi yakalanmasına olanak tanımakta ve literatürdeki önceki çalışmaların bu kernel tipinin etkili sonuçlar verdiğini göstermesi sebebiyle yapılmıştır (Hofmann ve ark., 2008; Cortes, 1995; Vapnik, 1995).

3.2.4.3. K-en yakın komşuluk (K-nearestneighbor) - KNN

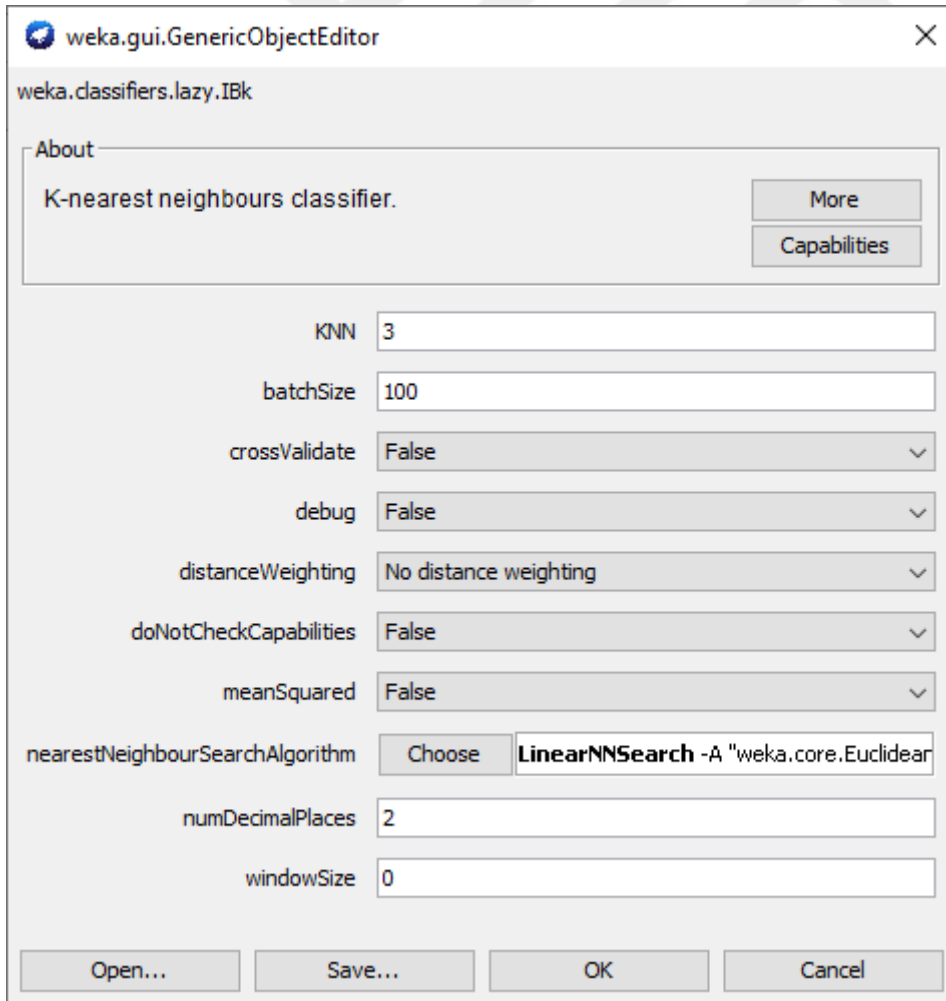
Örnek tabanlı olan ve aynı uzaklık ölçüsünü kullanan K-en yakın komşu sınıflandırma algoritmasıdır. Hem regresyon problemleri hem de sınıflandırma için kullanılmaktadır. Çapraz

doğrulamaya dayalı olarak uygun k değerini seçebilir, ayrıca mesafe ağırlıklandırması yapabilir. Denetimli sınıflandırma algoritmalarından biri olan k en yakın komşu algoritmasında, sınıflandırma işlemi sırasında kaç k değerinin kullanılacağına karar verilir. Gelen değer sınıflandırmasında k değerine bakılarak o değere en yakın k adet değer karşılaştırılır ve en çok sınıfı olan değer sınıfa atanmış olur. k en yakın nokta hesaplaması sırasında çeşitli uzaklık hesaplama fonksiyonları kullanılır. Aşağıdaki fonksiyonlar bunların başlıcalarıdır:

- Manhattan Hesaplama
- Minkowski Hesaplaması
- Öklid Hesaplaması

Ağırlıklandırma yöntemi ile her bir mesafenin ağırlığı $W=1/(d*d)$ ile bulunur ve seçilen k değerine göre sınıf karşılaştırması yapılır (Akbulut ve Adem, 2023).

Aşağıda, Şekil 3.14’de antosiyanin tahmini için geliştirilen KNN algoritmasının teknik özellikleri verilmiştir.



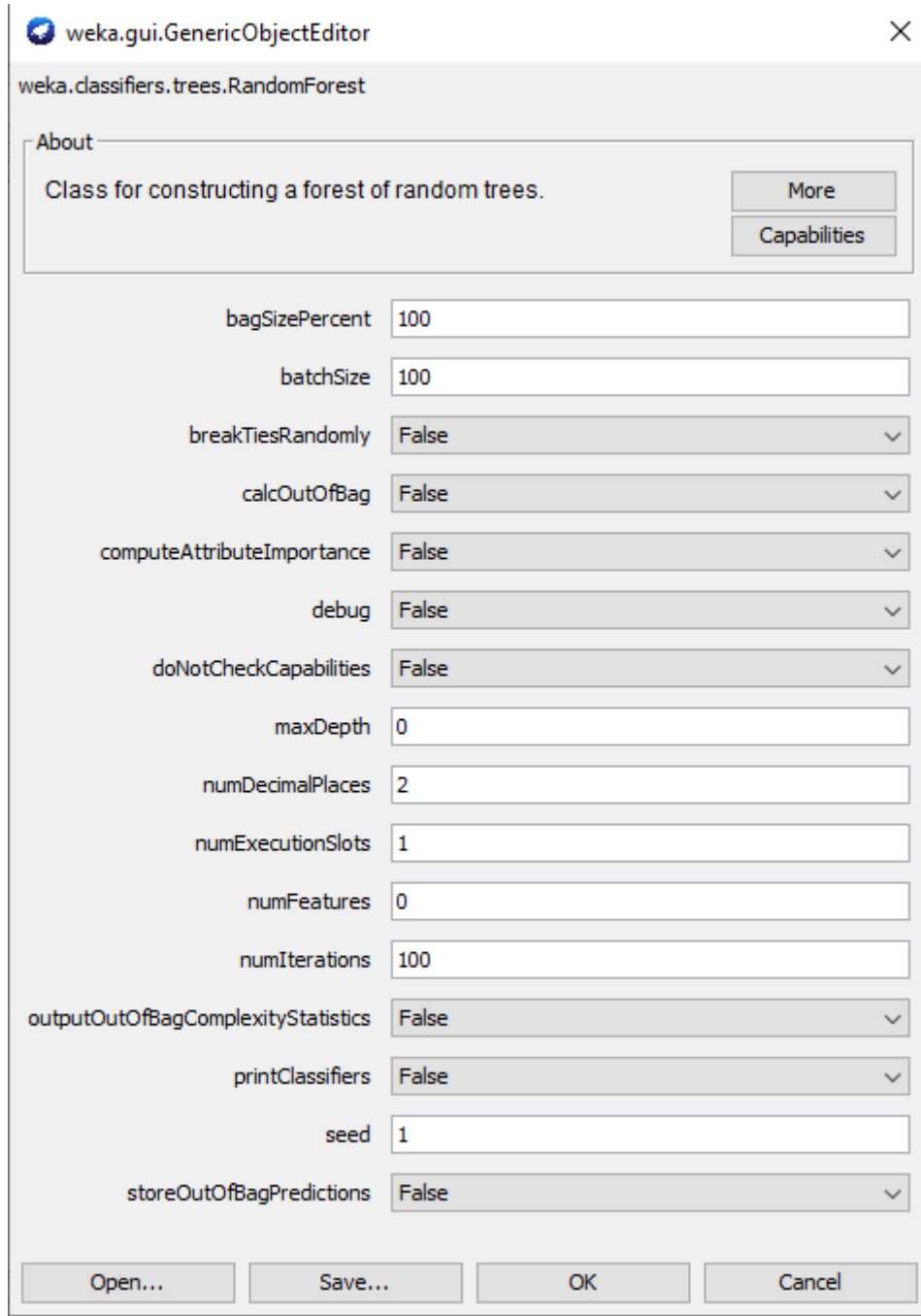
Şekil 3.14. Tahminleme için geliştirilen KNN algoritmasının teknik özellikleri

KNN algoritmasında k komşuluk sayısı olarak 3 ve mesafe ölçütü olarak öklid mesafesi tercih edilmiştir. K=3 seçiminin nedeni, modelin dengeli bir tahmin yapabilmesi ve aşırı uyum riskinin azaltılmasıdır. Ayrıca, 3 komşu dikkate alındığında, sınıflar arasındaki belirsizlikleri daha iyi yönetebilmek mümkün olmaktadır. Öklid mesafe ölçütü ise, veri noktaları arasındaki doğrudan mesafeyi hesaplayarak benzerlikleri değerlendirmede basit ve etkili bir yöntem sunmaktadır.

3.2.4.4. Karar ağaçları – RandomForest algoritması

Rastgele orman, karar ağacı algoritmalarından oluşan bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Sınıflandırma ve regresyon problemlerinde kullanılmaktadır. Algoritma tarafından oluşturulan orman, önyükleme veya torbalama toplama yoluyla eğitilir. Torbalama, tek bir örnekten ziyade farklı eğitim verisi örneklerinin kullanılmasını kapsar Davranışları ve sonuçları tahmin eder ve çoğunlukla sınıflandırma problemleri için kullanılır. Rastgele orman algoritması, veri örnekleri üzerinde karar ağaçları meydana getirir. Regresyonu hesaplamak için, bireysel karar ağaçlarının tahminlerinin ortalaması alınır. Sonuç, karar ağaçlarının tahminlerine göre belirlenir. Ağaç sayısı arttıkça sonucun doğruluğu da artar. Rastgele oluşturulan bir orman, karar ağacı algoritmalarının sınırlamalarını ortadan kaldırır, hassasiyeti artırır ve tahminler üretir. Rastgele orman algoritması ilk olarak veri kümesinden rastgele örnekler seçer ve seçilen her örnek için bir karar ağacı türetir. Her karar ağacından bir tahmin sonucu üretir. Daha sonra her bir tahmin sonucu için ortalama hesaplanır ve en çok oy alan tahmin sonucunu seçer (Akbulut ve Adem, 2023).

Yapılan bu tez çalışmasında antosiyanin tahmini için geliştirilen RandomForest algoritmasının teknik özellikleri Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15. Tahminleme için geliştirilen RandomForest algoritmasının teknik özellikleri

RandomForest algoritmasında batchSize olarak 100 ve seed parametresi olarak 1 tercih edilmiştir. batchSize'ın 100 olarak belirlenmesi, modelin eğitim sürecinin verimliliğini artırmak ve genelleme yeteneğini korumak amacıyla dengeli bir seçim sunmaktadır. Seed parametresinin 1 olarak seçilmesi, elde edilen sonuçların tekrarlanabilirliğini sağlamak ve rastgelelik yönetimini kolaylaştırmaktadır. Bu seçim, farklı deneysel yapılandırmaların karşılaştırılmasında tutarlılığı artırarak daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır.

3.2.5. Model performans ölçütleri

Bu tez çalışmasında, modellerin performans değerlendirme kriterleri olarak;

- Korelasyon katsayısı (r),
- Ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE),
- Hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error-RMSE),
- Bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error-RAE) ve
- Bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error-RRSE) kullanılmıştır.

Pearson korelasyon katsayısı: Korelasyon, iki veya daha fazla sürekli değişken arasındaki ilişkiyi gösterir ve ilişkinin miktarı korelasyon katsayısı ile belirlenir. Korelasyon katsayısı, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin derecesini belirler ve r ile gösterilir. r'nin değer aralığı -1 ile +1 arasında değişir ve r'nin işareti ilişkinin yönünü belirler. İki değişkenin her ikisi de aynı yönde değişiyorsa aralarındaki ilişki pozitifdir ve korelasyon katsayısının işareti (+) olur, değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyorsa ilişki negatiftir ve korelasyon katsayısı (-) işaretli olur. Çalışmada istatistiksel korelasyon katsayısı olarak kabul edilen Pearson korelasyon katsayısı aşağıdaki formülde gösterildiği gibi hesaplanır (Şentürk ve Aşan, 2007):

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / (n-1)}{s_x s_y} \quad (9)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (10)$$

Ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE): İki sürekli değişken arasındaki farkın ölçüsü olarak değerlendirilen MAE, gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin toplamıdır. MAE değeri 0 ile ∞ arasında değişebilmektedir. Regresyon ve zaman serisi problemlerinde, kolay yorumlanabilir olduğu için, sıkça kullanılmaktadır. MAE performans ölçütünün denklemi şu şekildedir (Chai ve Draxler, 2014; Özen ve ark., 2021):

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y'_i| \quad (11)$$

y_i : Gerçek değer

y_i' : Tahmin edilen değer

n : gözlem sayısı

Hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error-RMSE): RMSE, gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın (tahmin hataları) standart sapmasıdır. Daha açık bir ifadeyle, tahmin hataları regresyon çizgisinin veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE ise bu artıkların ne kadar yayıldığının bir ölçüsüdür. RMSE değeri 0 ile ∞ arasında değişebilmektedir. Sıfır RMSE değeri, modelin hiç hata yapmadığı anlamına gelir. RMSE performans ölçütü aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Chai ve Draxler, 2014; Özen ve ark., 2021):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_i')^2} \quad (12)$$

y_i : Gerçek değer

y_i' : Tahmin edilen değer

n : gözlem sayısı

Bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error-RAE): Bağıl mutlak hata, gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasındaki farkın bir toplamını vererek bunu gerçek değer ile gerçek değerlerin ortalaması arasındaki farkın toplamına böler. RAE performans ölçütünün formülü aşağıdaki gibidir (Kara ve Şamlı, 2021):

$$RAE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i' - y_i)}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)} \quad (13)$$

Burada;

y_i' = tahmin edilen değer

y_i = gerçek değer

y_m = gerçek değerlerin toplamı

n = örnek sayısı

Bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error-RRSE): Bağıl hata kareleri karakökü aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Kara ve Şamlı, 2021):

$$RRSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y'_{ij} - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_m)^2}} \quad (14)$$

Burada;

y'_{ij} = i 'deki veri noktası için ayrı ayrı j veri kümesinin tahmini değeri

y_i = gerçek değer

y_m = gerçek değerlerin toplamı

n = örnek sayısı

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. İlk Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Renk, pH ve SÇKM Verileri

İlk yıl hasat edilen 248 meyvenin her birinin renk ölçümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Sonuçlara göre, meyvelerin L* değerleri 18.12 ile 45.15, a* değerleri 5.04 ile 23.26, ve b* değerleri -3.03 ile 18.46 arasında değişiklik göstermiştir. pH değerleri 2.93 ile 4.01, SÇKM değerleri ise 6.21 ile 18.12 arasında farklılık göstermiştir.

4.2. İlk Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Korelasyon Analizi

Antosiyanin ile değişkenler (L*, a*, b*, pH ve SÇKM) arasındaki korelasyonlar Tablo 4.1'de sunulmuştur. Tabloda da görüldüğü gibi, antosiyanin ile renk parametreleri (L*, a*, b*) arasında yüksek ve anlamlı negatif korelasyonlar tespit edilmiştir (P=0.0001). Buna karşın, antosiyanin ile pH ve SÇKM arasında yüksek ve anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmuştur (P=0.0001). Korelasyon analizine göre, antosiyanin değeri, negatif korelasyon gösteren parametrelerin artışıyla azalırken, pozitif korelasyon gösteren parametrelerin artışıyla artmaktadır.

Tablo 4.1. Pearson korelasyon analizi, N=248

	Antosiyanin	L*	a*	b*	pH
L*	-0.84158 0.0001				
a*	-0.86315 0.0001	0.76287 0.0001			
b*	-0.84563 0.0001	0.89678 0.0001	0.89052 0.0001		
pH	0.81832 0.0001	-0.77976 0.0001	-0.85646 0.0001	-0.83433 0.0001	
SÇKM	0.89657 0.0001	-0.86553 0.0001	-0.86866 0.0001	-0.90753 0.0001	0.88043 0.0001

4.3. İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Renk, pH ve SÇKM Verileri

İkinci yıl hasat edilen 623 meyvenin her birinin renk ölçümleri ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, meyvelerin L* değerleri 13.44 ile 28.60, a* değerleri 2.50 ile 23.43, ve b* değerleri -0.01 ile 16.44 arasında değişiklik göstermiştir. pH değerleri 3.01 ile 3.87, SÇKM değerleri ise 6.45 ile 23.23 arasında farklılık arz etmiştir.

4.4. İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Korelasyon Analizi

İkinci yılda 623 adet meyve üzerinden analizler tamamlanmıştır. Değişkenler (L^* , a^* , b^* , pH ve SÇKM) ve antosiyanin arasındaki korelasyonlar Tablo 4.2'de yer almaktadır. Buna göre antosiyanin ile renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) arasında negatif ve anlamlı korelasyonlar bulunmuştur ($P=0.0001$). Fakat bu korelasyonlar önceki yıl ile kıyaslandığında daha düşük kalmıştır. pH ve SÇKM ile antosiyanin arasında ise pozitif ve anlamlı korelasyonlar belirlenmiştir ($P=0.0001$). Yine bu oluşan korelasyonlar da önceki yıl ile karşılaştırıldığında daha düşük kalmıştır.

Tablo 4.2. Pearson korelasyon analizi, N=623

	Antosiyanin	L^*	a^*	b^*	pH
L^*	-0.62987 0.0001				
a^*	-0.76313 0.0001	0.74136 0.0001			
b^*	-0.69312 0.0001	0.83529 0.0001	0.92300 0.0001		
pH	0.66220 0.0001	-0.71803 0.0001	-0.82807 0.0001	-0.78372 0.0001	
SÇKM	0.71271 0.0001	-0.74388 0.0001	-0.81605 0.0001	-0.80293 0.0001	0.88619 0.0001

4.5. Birinci ve İkinci Yıl Toplanan Karadut Meyvelerinin Birleştirilmiş Korelasyon Analizi

Toplamda (birinci ve ikinci yıl) 871 adet meyve üzerinde analizler yapılmıştır. Değişkenler (L^* , a^* , b^* , pH ve SÇKM) ve antosiyanin arasındaki korelasyonlar Tablo 4.3'de verilmiştir. Tabloya göre antosiyanin ile renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) arasında yine negatif ve anlamlı korelasyonlar bulunmuştur ($P=0.0001$). Antosiyanin ile L^* parametresi arasındaki korelasyon 1. ve 2. yıllarda oluşan korelasyonlardan daha düşük çıkmıştır (-0.44709). Antosiyanin ile a^* ve b^* parametreleri arasında oluşan korelasyon ise 1. yılda oluşan korelasyondan düşük çıkarken, 2. yılda oluşan korelasyondan yüksek çıkmıştır. Antosiyanin ile pH ve SÇKM arasındaki ilişkiye bakıldığında yüksek pozitif ve anlamlı korelasyonlar görülmektedir ($P=0.0001$). Yine bu oluşan korelasyonlar da 1. yılda oluşan korelasyondan düşük çıkarken, 2. yılda oluşan korelasyondan yüksek çıkmıştır.

Tablo 4.3. Pearson korelasyon analizi, N=871

	Antosiyanin	L*	a*	b*	pH
L*	-0.44709 0.0001				
a*	-0.78038 0.0001	0.59209 0.0001			
b*	-0.70393 0.0001	0.55462 0.0001	0.84689 0.0001		
pH	0.70761 0.0001	-0.50756 0.0001	-0.83284 0.0001	-0.77373 0.0001	
SÇKM	0.75515 0.0001	-0.62723 0.0001	-0.83836 0.0001	-0.78914 0.0001	0.87621 0.0001

L* ile antosiyanin içeriği arasındaki negatif korelasyon, meyve rengi koyulaştıkça (L* değeri düşmekte) antosiyanin içeriğinin arttığını göstermektedir. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da dut meyvesinde olgunluğun ilerlemesiyle L değerinin azaldığı ve meyve renginin koyulaştığı bildirilmiştir (Lin ve Lay, 2013; do Lago ve ark., 2020). Bulgularımızla uyumlu olarak, do Lago ve ark. (2020) ve Smrke ve ark. (2023) tarafından da meyve olgunlaştıkça renk pigmentlerinin yoğunluğunun arttığı, rengin parlaklığı (L*) ve canlılığının (C*) azaldığı ve meyvenin donuk bir görünüm kazandığı bildirilmiştir.

Meyvelerin yarı olgunluk aşamasına kadar kırmızı renk yoğunluğu (a*) yüksek iken, olgunlaşma ile birlikte bu renk yoğunluğunun ve sarı rengin tonlarının (b*) azaldığı bilinmektedir. Karadut meyvesinin olgunlaşmasıyla ortaya çıkan morumsu-siyahımsı renk yoğunluğu, renk açısı üzerinde 0 ve 360° açılara yakın bir konumda yer almaktadır. Bu da olgunlaşmanın ilerlemesiyle renk tonu değerinin azaldığını göstermektedir (Ercisli ve Orhan, 2007; Lin ve Lay, 2013; do Lago ve ark., 2020). Bu tez çalışmasında a* ve b* parametreleri ile antosiyanin içeriği arasında tespit edilen negatif korelasyonlar yukarıdaki literatür bilgileri ile uyumludur.

pH ve SÇKM ile antosiyanin içeriği arasındaki pozitif korelasyonlar, bu iki parametrenin artmasıyla antosiyanin içeriğinin de arttığını göstermektedir. Şekil 3.6'da da görüldüğü üzere karadut meyveleri olgunlaştıkça hem pH ve SÇKM miktarları hem de antosiyanin içeriği artış göstermiştir.

4.6. Makine Öğrenimi Algoritmalarından Elde Edilen Sonuçlar

MLPNN, SVM, KNN ve RandomForest algoritmalarından elde edilen korelasyon katsayısı (r), ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE), hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error-RMSE), bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error-RAE) ve bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error-RRSE) değerleri Tablo 4.4’de verilmiştir.

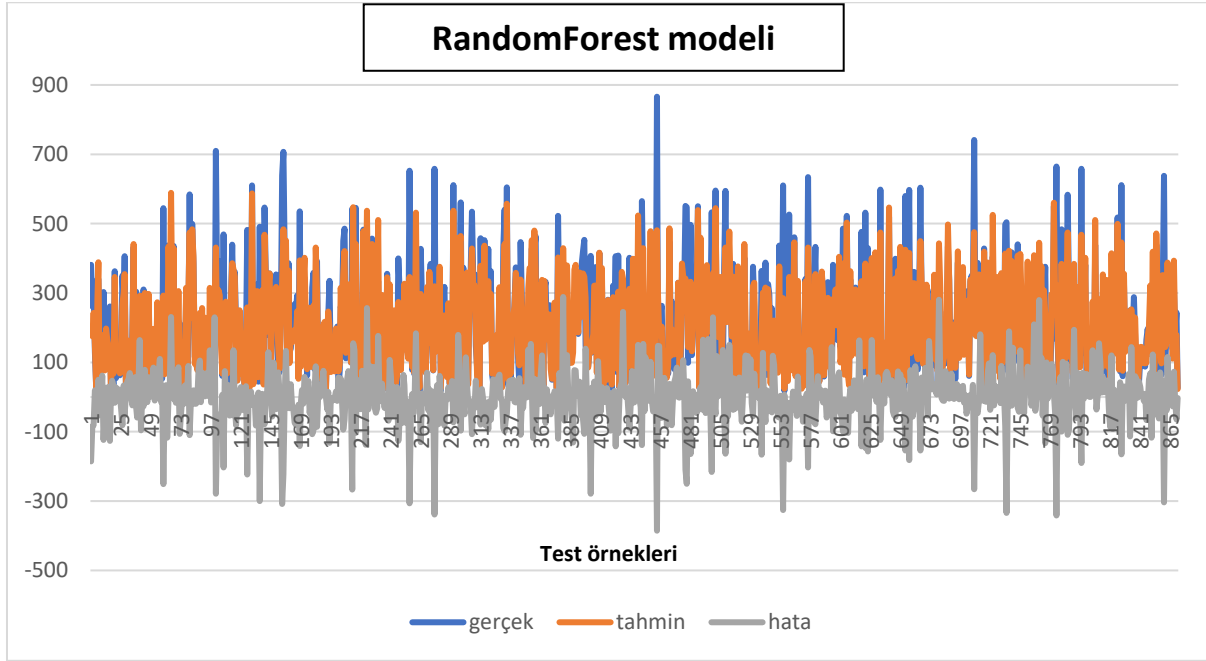
Tablo 4.4. MLPNN, SVM, KNN ve RandomForest algoritmalarından elde edilen toplam monomerik antosiyanin değerlerinin ortalama tahmin sonuçları

Toplam Monomerik Antosiyanin Değer Tahmini					
Metot	Değerlendirme Kriterleri				
	r	MAE	RMSE	RAE	RRSE
MLPNN	0.7778	72.3034	97.663	% 59.431	% 65.1638
SVM	0.8039	63.7805	90.5408	% 52.4255	% 60.4116
KNN	0.8249	56.4274	85.1468	% 46.3814	% 56.8126
RandomForest	0.8498	52.779	79.0309	% 43.3826	% 52.7319

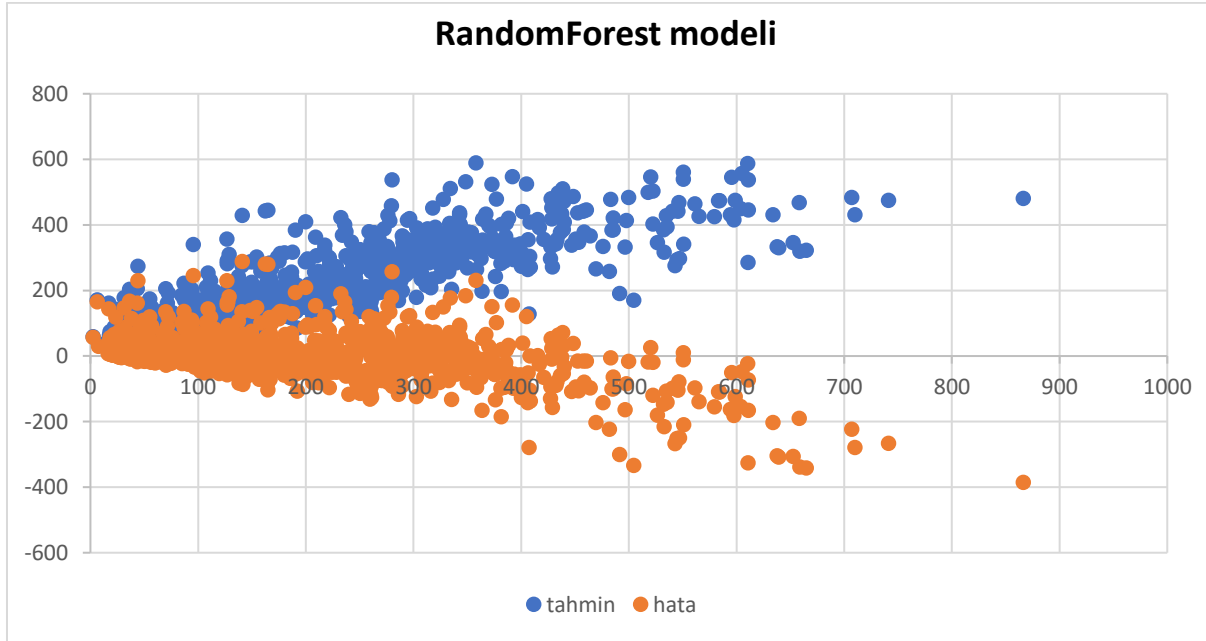
r: Korelasyon katsayısı, MAE: Ortalama mutlak hata (Mean absolute error), RMSE: Hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error), RAE: Bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error), RRSE: Bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error).

Tablo 4’de görüleceği üzere, RandomForest algoritmasından elde edilen girdilerle oluşturulan model, deneysel çalışmalarda kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri arasında en başarılı olanıdır. Makine öğrenmesi modellerinden RandomForest (Karar ağaçları) TMA değerlerini tahmin etmede daha başarılı sonuçlar ortaya koymuştur. MAE, RMSE, RAE ve RRSE değerlerinin sıfıra yaklaşması ve ‘r’ değerinin bire yaklaşması önerilen modelin başarısını göstermektedir (Comert ve ark., 2023). Diğer makine öğrenimi algoritmalarına göre RandomForest makine öğrenimi algoritmasının krelasyon değeri 1’e daha yakın olmuştur ve tahmin hatalarını minimize etmiştir. MLPNN algoritması ise kullanılan algoritmalar arasında en başarısız olanıdır; en düşük ‘r’ değerine ve en yüksek hata değerlerine sahip olmuştur. MLPNN algoritması ile 0.7778 olan ‘r’ değeri RandomForest algoritması ile 0.8498’e ulaşmıştır. Yine MLPNN algoritması ile 72.3034 olan MAE değerinin RandomForest algoritması ile 52,779’a düştüğü gözlemlenmiştir. Antosiyanin tahmininde en başarılı sonucu veren RandomForest algoritmasını sırasıyla KNN, SVM ve MLPNN (YSA) algoritması takip etmiştir.

RandomForest makine öğrenme modeli kullanılarak toplam monomerik antosiyanin değeri tahmini için test veri kümesindeki mutlak hataların grafiksel gösterimi Grafik 4.1'de gösterilmektedir. Ayrıca tahmin ve hata değerlerinin gösterimi Grafik 4.2'de verilmiştir.



Grafik 4.1. RandomForest modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi



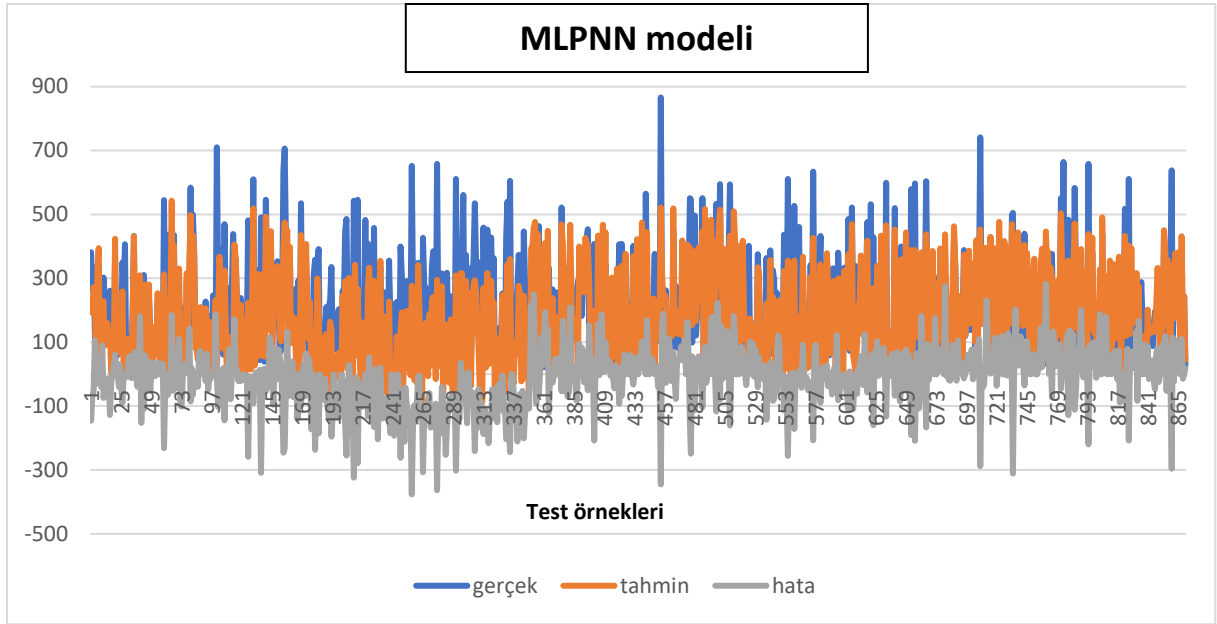
Grafik 4.2. RandomForest modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi

Bağımlı (TMA) ve bağımsız değişkenlerden (L, a, b, pH, SÇKM) oluşan veri seti (her bir değişkenin 871 değeri vardır) makine öğrenimine tabi tutulmuştur. Grafik 4.1’de görüldüğü üzere RandomForest algoritmasının tahmin ettiği TMA değerleri (turuncu çizgiler) ile ölçülen TMA değerleri (mavi çizgiler) karşılaştırılmıştır. Diğer algoritmalara kıyasla RandomForest algoritmasına ait grafikte turuncu ve mavi çizgiler birbirine daha yakındır. Gri çizgiler sapma ölçütünü göstermektedir ve yine RandomForest algoritmasından elde edilen sapma ölçütü daha az olmuştur.

Grafik 4.2’ye bakıldığında, genel olarak RandomForest modeli düşük tahmin değerlerinde daha kararlı bir hata dağılımına sahip, ancak yüksek tahmin değerlerinde daha fazla dalgalanma ve sistematik hata görülmekte. Bu, yüksek değerler için modelin performansını iyileştirmek için ekstra çalışmalar yapılabileceğini göstermektedir.

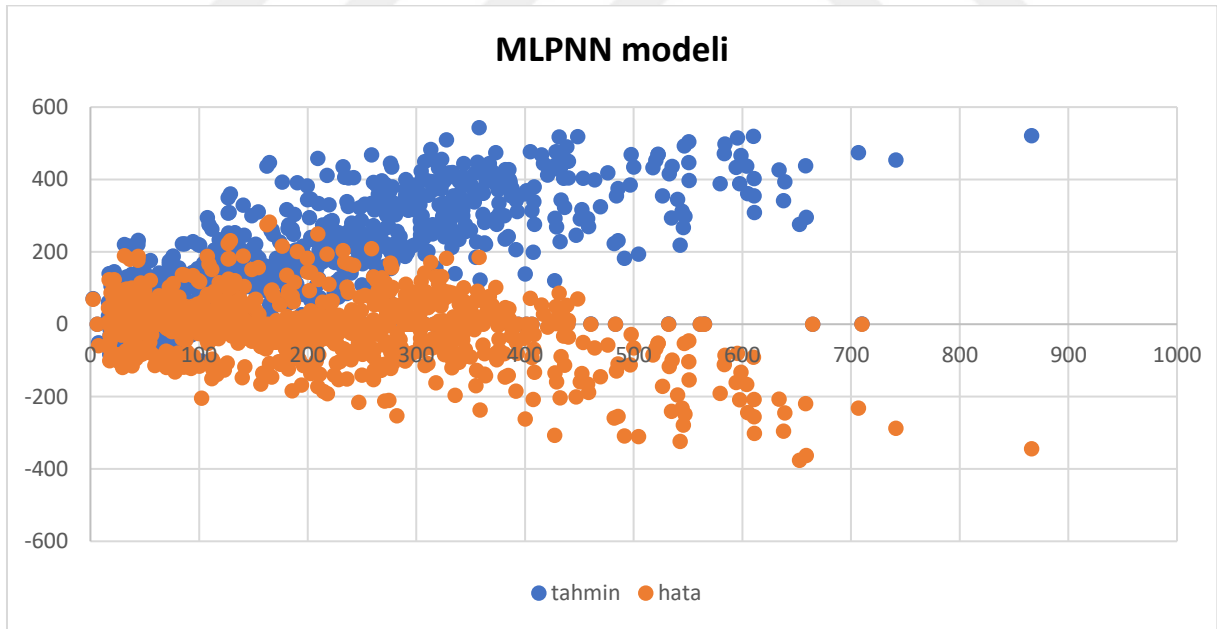
Tez çalışmasında kullanılan diğer makine öğrenimi modellerinin, toplam monomerik antosiyanin değer tahmini için test veri kümesindeki mutlak hatalarının grafiksel gösterimleri sırasıyla Grafik 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8’de gösterilmiştir.

MLPNN makine öğrenme modeli kullanılarak toplam monomerik antosiyanin değer tahmini için test veri kümesindeki mutlak hataların grafiksel gösterimi Grafik 4.3’te gösterilmektedir. MLPNN algoritmasından elde edilen girdilerle oluşturulan model, deneysel çalışmalarda kullanılan dört makine öğrenmesi yöntemleri arasında en başarısız sonucu vermiştir. MLPNN algoritmasının tahmin ettiği TMA değerleri (turuncu çizgiler) ile ölçülen TMA değerleri (mavi çizgiler) arasında farkın açıldığı ve hata değerlerinin (gri çizgiler) de arttığı görülmektedir (Grafik 4.3).



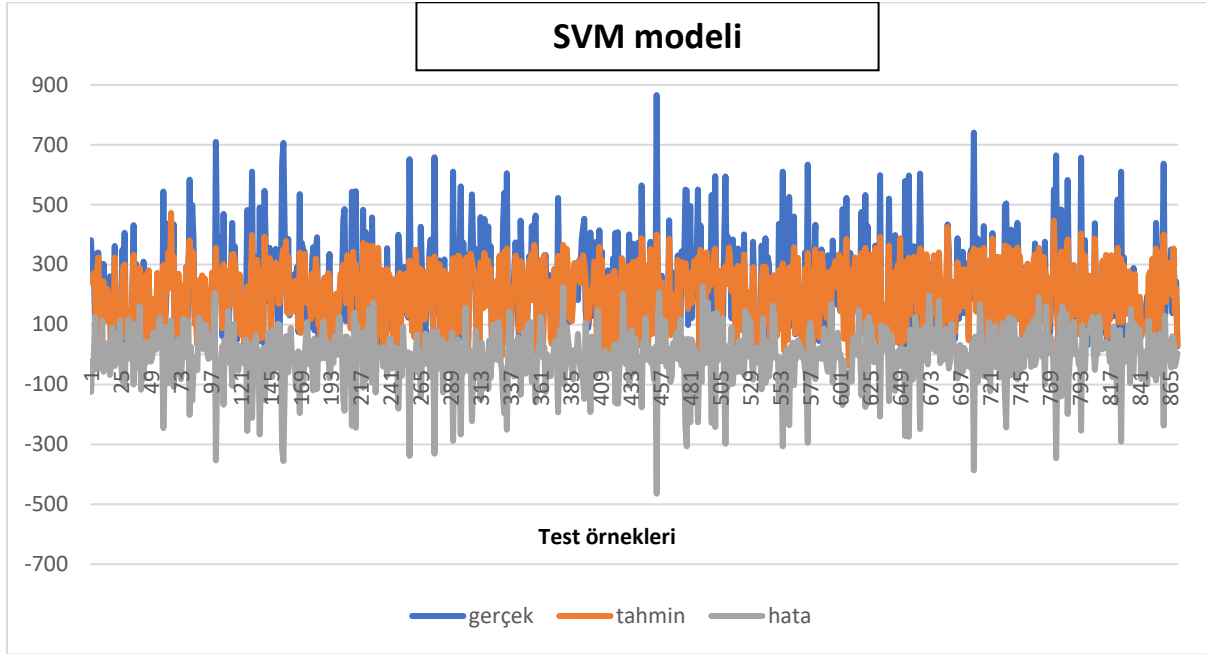
Grafik 4.3. MLPNN modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi

MLPNN algoritmasından elde edilen tahmin ve hata değerlerinin gösterimi ise Grafik 4.4'te yer almaktadır.



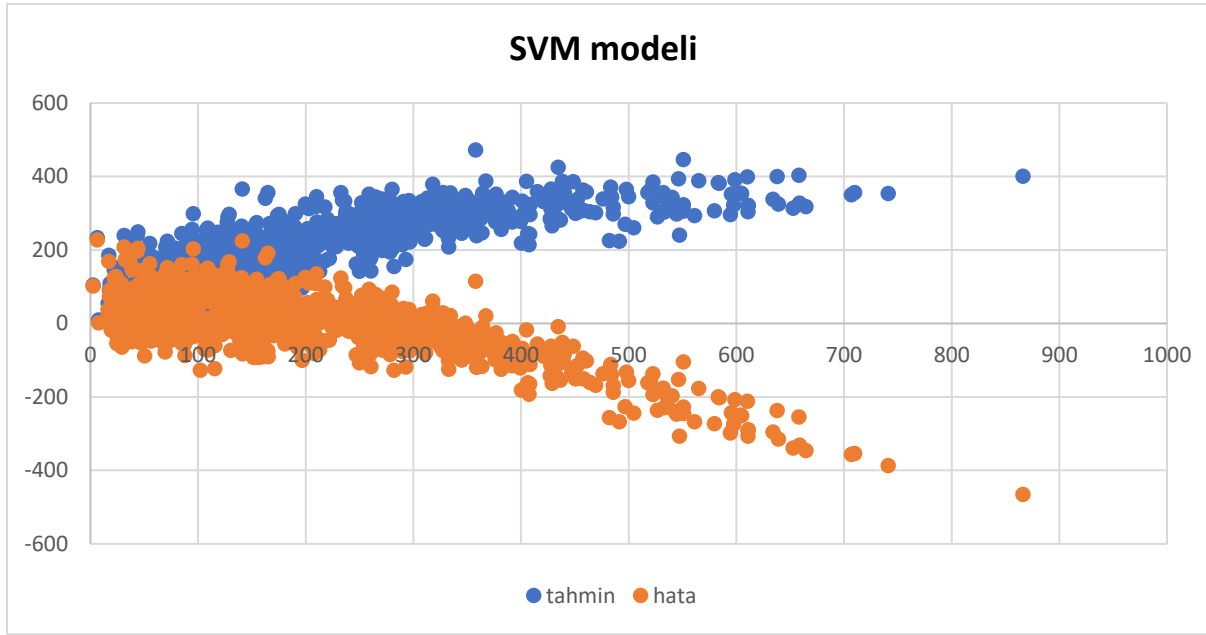
Grafik 4.4. MLPNN modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi

SVM öğrenme modeli kullanılarak toplam monomerik antosiyanin değeri tahmini için test veri kümesindeki mutlak hataların grafiksel gösterimi Grafik 4.5'te yer almaktadır. Bu makine öğrenimi modeli, MLPNN modeline kıyasla daha iyi sonuç vermiştir ve sıralamada üçüncüdür.



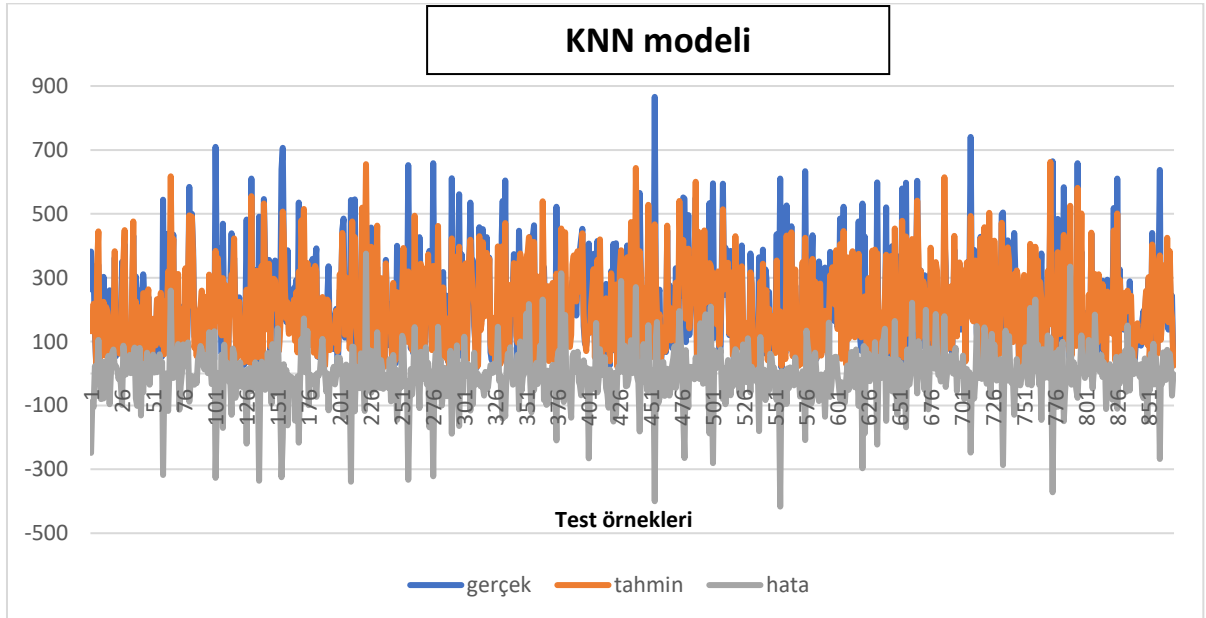
Grafik 4.5. SVM modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi

SVM algoritmasından elde edilen tahmin ve hata değerlerinin gösterimi ise Grafik 4.6'da gösterilmektedir.



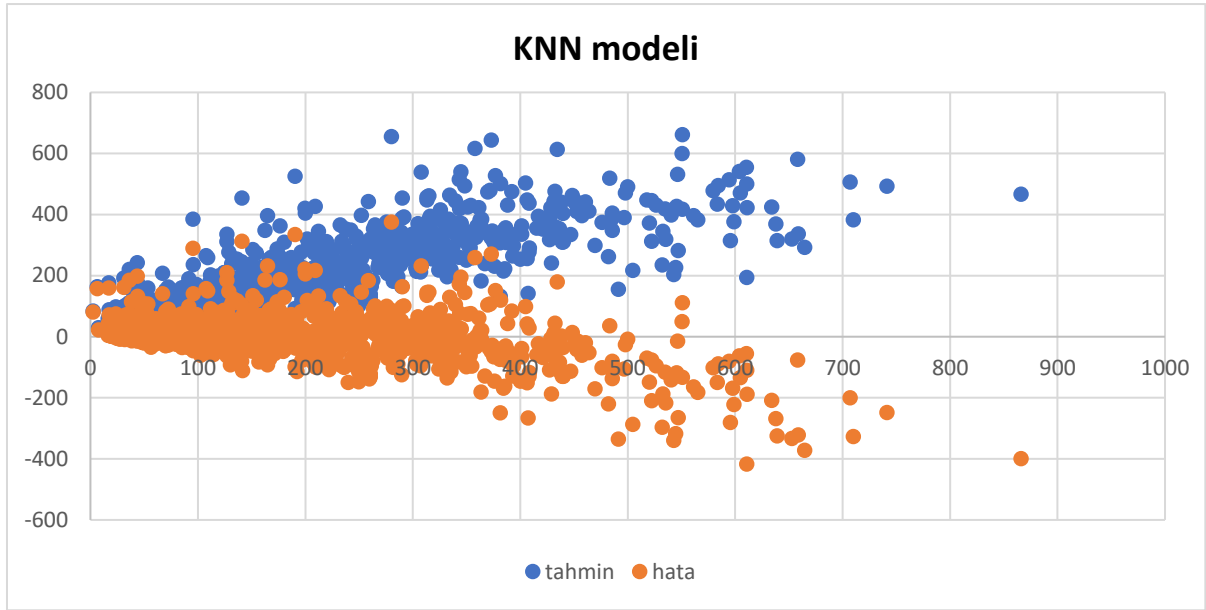
Grafik 4.6. SVM modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi

KNN makine öğrenme modeli kullanılarak toplam monomerik antosiyanin değer tahmini için test veri kümesindeki mutlak hataların grafiksel gösterimi Grafik 4.7'de yer almaktadır. KNN makine öğrenimi modeli, MLPNN ve SVM modellerine kıyasla daha iyi sonuç vermiştir ve sıralamada ikincidir.



Grafik 4.7. KNN modelinin mutlak hatalarının grafiksel gösterimi

KNN algoritmasından elde edilen tahmin ve hata değerlerinin gösterimi ise Grafik 4.8’de gösterilmektedir.



Grafik 4.8. KNN modelinin tahmin ve hata değerlerinin grafiksel gösterimi

Genel olarak, Grafik 4.2, 4.4, 4.6 ve 4.8'de sırasıyla gösterilen RandomForest, MLPNN, SVM ve KNN modellerine ait tahmin ve hata değerleri, antosiyanin miktarı arttıkça hata değerlerinin daha fazla yayılma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Düşük antosiyanin seviyelerinde hata değerleri daha sabitken, yüksek seviyelerdeki dalgalanmaların belirgin şekilde arttığı görülmektedir. Bu durum, modellerin yüksek antosiyanin değerlerinde doğruluk açısından sınırlamalar taşıyabileceğini düşündürmektedir ve bu seviyelerdeki performansı iyileştirmek adına ilave çalışmalara ihtiyaç duyulabileceğini göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Meyvelerdeki antosiyanin içeriğinin belirlenmesinde pH diferansiyel metodu kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntem yoğun emek ve zaman gerektirmesinin yanında yüksek maliyetlidir. pH diferansiyel metodunda kullanılan kimyasallara ek olarak antosiyanin değerlerinin okunabilmesi için çok pahalı bir cihaz olan spektrofotometreye ihtiyaç vardır. Her laboratuvarında bu cihaz bulunmadığı gibi bulunan laboratuvarlarda da analizi yönetecek kalifiye eleman bulma sıkıntısı yaşanmaktadır. Günümüzde teknoloji ve yapay zekada yaşanan gelişmeler araştırmacıları, özellikle maliyetli ve uzun zaman alan işlerde, alternatif yöntemler aramaya teşvik etmektedir. Yapılan bu tezin konusu da pH diferansiyel metodu yöntemine alternatif olarak toplam monomerik antosiyanin içeriğinin kolay tahmin edilmesine yönelik bir model geliştirmektir. Bunun için makine öğrenimi yöntemlerinden faydalanılmıştır. Başlangıçta, antosiyanin ile ilişkili olabilecek diğer meyve özellikleri araştırılmıştır. Ön çalışmalarda karadut meyvelerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak bunların antosiyanin ile arasında oluşan korelasyonları incelenmiştir. Ön çalışmalar bize, meyvenin dış renginin yanında pH ve SÇKM miktarının antosiyanin ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Tezde L^* , a^* , b^* , pH ve SÇKM parametreleri bağımsız değişken olarak; antosiyanin içeriği ise bağımlı değişken olarak değerlendirilmiştir. Bu ölçüm ve analizler iki yıl boyunca devam etmiştir. Toplamda 871 meyvenin teker teker tüm analizleri yapılmıştır. Korelasyon analizi sonucunda L^* , a^* ve b^* parametreleri ile antosiyanin arasında yüksek negatif ve anlamlı korelasyonlar belirlenmiştir. pH ve SÇKM ile antosiyanin arasında ise yüksek pozitif ve anlamlı korelasyonlar tespit edilmiştir. Antosiyanin tahmini için makine öğrenimi araçlarından MultilayerPerceptron (yapay sinir ağı), SVM (destek vektör makinesi), KNN (K-en yakın komşuluk) ve RandomForest (karar ağaçları) olmak üzere 4 farklı algoritma kullanılmıştır. Geliştirilen modellerin performans değerlendirme kriterleri olarak; korelasyon katsayısı (r), ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE), hata kareler ortalamasının karakökü (Root Mean Square Error-RMSE), bağıl mutlak hata (Relative Absolute Error-RAE) ve bağıl hata kareleri karakökü (Root relative squared error-RRSE) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, makine öğrenmesi modellerinden RandomForest (Karar Ağaçları) TMA değerlerinin hesaplanmasında en başarılı sonuçları vermiştir. Ancak, bu sonuçlar bile istenen doğruluk düzeyine tam olarak ulaşamamıştır. Ölçüm ve tahmin değerlerinin oldukça yakın olduğu durumlar bulunmakla birlikte, hata oranlarının yüksek olduğu durumlar da gözlenmiştir. Bu durum, meyvenin olgunluk aşamaları arasında geçiş yaparken baskın antosiyanin içeriğinin değişmesiyle ilişkili olabilir. Maviyemiş üzerine yapılan bir çalışmada, Spinardi ve ark. (2019),

meyvelerin olgunlaşması sırasında siyanidin bazlı, di-süstitüe antosiyaninlerden delfinidin bazlı tri-süstitüe pigmentlere gelişimsel bir geçiş olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi, bizim çalışmamızda da ham aşamadaki karadut meyvelerinin içerdiği antosiyanin profili, olgun aşamadaki meyvelerden farklı olabilir ve bu durum hesaplamalarda sapmalara yol açmış olabilir. Toplam antosiyanin içeriğinin daha doğru tahmin edilebilmesi için olgunluk seviyelerine göre gruplandırma yapılması, SÇKM değerlerine göre sınıflandırma yapılması ve bireysel antosiyanin içeriklerinin belirlenmesi gibi ek kriterlerin uygulanması faydalı olabilir. Ayrıca, örnek sayısının artırılması tahmin doğruluğunu iyileştirebilir. İlerleyen dönemlerde, hedeflerimizden biri de derin öğrenme algoritmaları ve görüntü analizinden yararlanmaktır. Gelecekte gerek bu çalışma gerekse diğer araştırmacıların katkılarıyla bu hedeflere ulaşıldığında daha isabetli bir tahmin modeli elde edilebilecektir. Bu tez çalışması, antosiyanin tahmin modeli geliştirme yolunda atılmış bir adım olup daha da geliştirilmesi gerekmektedir. Ek olarak, modelin karadut dışında diğer meyve türlerinde de kullanım potansiyeli araştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abraham, E. R., Mendes dos Reis, J. G., Vendrametto, O., Oliveira Costa Neto, P. L. D., Carlo Toloi, R., Souza, A. E. D., & Oliveira Morais, M. D. (2020). Time series prediction with artificial neural networks: An analysis using Brazilian soybean production. *Agriculture*, 10(10), 475.
- Akbulut, S., & Kemal, A. (2023). Derin öğrenme ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak gelişmekte olan ülkelerin finansal enstrümanlarının etkileşimi ile Bist 100 tahmini. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1), 1-1.
- Aman, F., & Masood, S. (2020). How Nutrition can help to fight against COVID-19 Pandemic. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 36(COVID19-S4), S121.
- Arozarena, I., Ortiz, J., Hermosín-Gutiérrez, I., Urretavizcaya, I., Salvatierra, S., Córdova, I., Marín-Arroyo M. R., Noriega M. J., Navarro, M. (2012). Color, ellagitannins, anthocyanins, and antioxidant activity of Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth.) wines. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(30), 7463-7473.
- Askey, B. C., Dai, R., Lee, W. S., & Kim, J. (2019). A noninvasive, machine learning-based method for monitoring anthocyanin accumulation in plants using digital color imaging. *Applications in Plant Sciences*, 7(11), e11301.
- Ayhan, S., Erdoğan, Ş. (2014) Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9:175-198.
- Bannerjee, G., Sarkar, U., Das, S., & Ghosh, I. (2018). Artificial intelligence in agriculture: A literature survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*, 7(3), 1-6.
- Barradas, A., Correia, P. M., Silva, S., Mariano, P., Pires, M. C., Matos, A. R., Bernardes da Silva A. & Marques da Silva, J. (2021). Comparing machine learning methods for classifying plant drought stress from leaf reflectance spectra in *Arabidopsis thaliana*. *Applied Sciences*, 11(14), 6392.
- Biolley, J. P., & Jay, M. (1993). Anthocyanins in modern roses: chemical and colorimetric features in relation to the colour range. *Journal of experimental botany*, 44(11), 1725-1734.
- Boniecki, P., Koszela, K., Świerczyński, K., Skwarcz, J., Zaborowicz, M., & Przybył, J. (2020). Neural visual detection of grain weevil (*Sitophilus granarius* L.). *Agriculture*, 10(1), 25.
- Castaneda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food chemistry*, 113(4), 859-871.
- Castro-Acosta, M. L., Lenihan-Geels, G. N., Corpe, C. P., & Hall, W. L. (2016). Berries and anthocyanins: promising functional food ingredients with postprandial glycaemia-lowering effects. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75(03), 342-355.
- Cemeroğlu, B. 2010. Gıda analizleri, *Gıda teknolojisi yayınları*, Ankara.
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE). *Geoscientific model development discussions*, 7(1), 1525-1534.
- Comert, M. M., Adem, K., & Erdogan, M. (2023). Comparative analysis of estimated solar radiation with different learning methods and empirical models. *Atmósfera*, 37.
- Cortes, C. (1995). Support-Vector Networks. *Machine Learning*.

- de Faria Coelho-Ravagnani, C., Corgosinho, F. C., Sanches, F. L. F. Z., Prado, C. M. M., Laviano, A., & Mota, J. F. (2021). Dietary recommendations during the COVID-19 pandemic. *Nutrition reviews*, 79(4), 382-393.
- Dehghanisani, H., Emami, H., Emami, S., & Rezaverdinejad, V. (2022). A hybrid machine learning approach for estimating the water-use efficiency and yield in agriculture. *Scientific Reports*, 12(1), 6728.
- Dinçer, E., Saraçoğlu, O., & Öcalan, O. N. (2022). Rooting Performances of Promising Black Mulberry (*Morus nigra* L.) Genotypes Determined in Tokat Province under Same Environmental Conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10, 2708-2712.
- do Lago, R. C., Silva, J. S., Pinto, K. M., Rodrigues, L. F., & Boas, E. V. D. B. V. (2020). Effect of maturation stage on the physical, chemical and biochemical composition of black mulberry. *Research, Society and Development*, 9(4), e49942824-e49942824.
- Ercisli, S., & Orhan, E. (2007). Chemical composition of white (*Morus alba*), red (*Morus rubra*) and black (*Morus nigra*) mulberry fruits. *Food chemistry*, 103(4), 1380-1384.
- Feng, C., Su, S., Wang, L., Wu, J., Tang, Z., Xu, Y., Shu, Q., & Wang, L. (2016). Antioxidant capacities and anthocyanin characteristics of the black-red wild berries obtained in Northeast China. *Food chemistry*, 204, 150-158.
- Fernández-López, J. A., Almela, L., Muñoz, J. A., Hidalgo, V., & Carreño, J. (1998). Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. *Food research international*, 31(9), 667-672.
- Gao, Z., Shao, Y., Xuan, G., Wang, Y., Liu, Y., & Han, X. (2020). Real-time hyperspectral imaging for the in-field estimation of strawberry ripeness with deep learning. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 31-38.
- García-Martínez, H., Flores-Magdaleno, H., Ascencio-Hernández, R., Khalil-Gardezi, A., Tijerina-Chávez, L., Mancilla-Villa, O. R., & Vázquez-Peña, M. A. (2020). Corn grain yield estimation from vegetation indices, canopy cover, plant density, and a neural network using multispectral and RGB images acquired with unmanned aerial vehicles. *Agriculture*, 10(7), 277.
- Giusti, M.M., Wrolstad R.E. 2005. "Characterization and measurement of anthocyanins byuv-visible spectroscopy. Unit F1.2, p. 19–31. In: Wrolstad, R.E. and S.J. Schwartz (eds.)", *Handbook of Food Analytical Chemistry*, Wiley, New York, NY.
- Goyal, P., Dollár, P., Girshick, R., Noordhuis, P., Wesolowski, L., Kyrola, A., Tulloch, A., Jia, Y., & He, K., (2017). Accurate, large minibatch SGD: training imagenet in 1 hour. *arXiv preprint arXiv:1706.02677*.
- Green, R. C., & Mazza, G. (1986). Relationships between anthocyanins, total phenolics, carbohydrates, acidity and colour of saskatoon berries. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 19(3), 107-113.
- Gündüz, K., Serçe, S., & Hancock, J. F. (2015). Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38, 69-79.
- Hagan, M. T., & Menhaj, M. B. (1994). Training feedforward networks with the Marquardt algorithm. *IEEE transactions on Neural Networks*, 5(6), 989-993.
- Han, F. L., Zhang, W. N., Pan, Q. H., Zheng, C. R., Chen, H. Y., & Duan, C. Q. (2008). Principal component regression analysis of the relation between CIELAB color and monomeric anthocyanins in young Cabernet Sauvignon wines. *Molecules*, 13(11), 2859-2870. <https://doi.org/10.3390/molecules13112859>
- He, J., & Giusti, M. M. (2010). Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annual review of food science and technology*, 1, 163-187.

- Hernanz, D., Recamales, Á. F., Meléndez-Martínez, A. J., González-Miret, M. L., & Heredia, F. J. (2008). Multivariate statistical analysis of the color– anthocyanin relationships in different soilless-grown strawberry genotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(8), 2735-2741. <https://doi.org/10.1021/jf073389j>
- Hofmann, T., Schölkopf, B., & Smola, A. J. (2008). Kernel methods in machine learning.
- Itle, R. A., & Kabelka, E. A. (2009). Correlation between L* a* b* color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). *HortScience*, 44(3), 633-637.
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1-12.
- Kaastra, I., & Boyd, M. (1996). Designing a neural network for forecasting financial and economic time series. *Neurocomputing*, 10(3), 215-236.
- Kara, Ş. E., & Şamlı, R. (2021). Yazılım projelerinin maliyet tahmini için WEKA’da makine öğrenmesi algoritmalarının karşılaştırmalı analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 415-426.
- Karaat, F. E., Gündüz, K., Saraçoğlu, O., & Yıldırım, H. (2019). Pomological and phytochemical evaluation of different cherry species: mahaleb (*Prunus mahaleb* L.), wild sweet cherry (*Prunus avium* L.) and wild sour cherry (*Prunus cerasus* L.), sweet and sourcherry cultivars. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 18(4), 181-191.
- Kasim, R., Sulusoglu, M., & Kasim, M. U. (2011). Relationship between total anthocyanin level and colour of natural cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) fruits. *African Journal of Plant Science*, 5(5), 323-328.
- Khorshidi, S., & Davarynejad, G. (2010). Influence of Preharvest Ethephon Spray on Fruit Quality and Chemical Attributes of Cigany'Sour Cherry Cultivar. *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 4(12).
- Kim, C., & van Iersel, M. W. (2023). Image-based phenotyping to estimate anthocyanin concentrations in lettuce. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1155722.
- Kim, M. J., Hyun, J. N., Kim, J. A., Park, J. C., Kim, M. Y., Kim, J. G., Lee, S. J., Chun, S. C., & Chung, I. M. (2007). Relationship between phenolic compounds, anthocyanins content and antioxidant activity in colored barley germplasm. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(12), 4802-4809.
- Koca, I., & Karadeniz, B. (2009). Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. *Scientia Horticulturae*, 121(4), 447-450.
- Komyshchev, E. G., Genaev, M. A., Busov, I. D., Kozhekin, M. V., Artemenko, N. V., Glagoleva, A. Y., Koval, V.S., & Afonnikov, D. A. (2023). Determination of the melanin and anthocyanin content in barley grains by digital image analysis using machine learning methods. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 27(7), 859.
- Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64(5), 923-933.
- Korkmaz, Z. (2022). Jeotermal enerji ile ısıtılan bir serada, üretimin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı*. 115 s. Doktora Tezi.
- Kouadio, L., Deo, R. C., Byraredy, V., Adamowski, J. F., & Mushtaq, S. (2018). Artificial intelligence approach for the prediction of Robusta coffee yield using soil fertility properties. *Computers and electronics in agriculture*, 155, 324-338.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in neural information processing systems*, 25.
- Kujawa, S., & Niedbała, G. (2021). Artificial neural networks in agriculture. *Agriculture*, 11(6), 497.

- Lee, E. J., Patil, B. S., & Yoo, K. S. (2015). Antioxidants of 15 onions with white, yellow, and red colors and their relationship with pungency, anthocyanin, and quercetin. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 108-114.
- Li, J., Song, W., Barth, M. M., Zhuang, H., Zhang, W., Zhang, L., Wang L., Lu, W., Wang, Z., Han, X., Li, Q. (2015). Effect of modified atmosphere packaging (map) on the quality of sea buckthorn berry fruits during postharvest storage. *Journal of Food Quality*, 38(1), 13-20.
- Li, X., Wei, Z., Peng, F., Liu, J., & Han, G. (2023). Non-destructive prediction and visualization of anthocyanin content in mulberry fruits using hyperspectral imaging. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1137198.
- Li, Y., & Chao, X. (2020). ANN-based continual classification in agriculture. *Agriculture*, 10(5), 178.
- Lin, C. Y., & Lay, H. L. (2013). Characteristics of fruit growth, component analysis and antioxidant activity of mulberry (*Morus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 162, 285-292.
- Liu, L. W., Ma, X., Wang, Y. M., Lu, C. T., & Lin, W. S. (2021). Using artificial intelligence algorithms to predict rice (*Oryza sativa* L.) growth rate for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106286.
- Malien-Aubert, C., Dangles, O., & Amiot, M. J. (2001). Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra-and intermolecular copigmentation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(1), 170-176.
- McGuire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Mezzetti, B., Balducci, F., Capocasa, F., Zhong, C. F., Cappelletti, R., Di Vittori, L., Mazzoni, L., Giampieri, F., Battino, M. (2016). Breeding Strawberry for Higher Phytochemicals Content and Claim It: Is It Possible?. *International Journal of Fruit Science*, 16(sup1), 194-206.
- Morales-Reyes, J. L., Acosta-Mesa, H. G., Aquino-Bolaños, E. N., Meza, S. H., & Grajales, A. M. (2023). Anthocyanins estimation in homogeneous bean landrace (*Phaseolus vulgaris* L.) using probabilistic representation and convolutional neural networks. *Journal of Agricultural Engineering*, 54(2).
- Nabiyev, V.V. (2003) Yapay Zeka. *Ankara, Seçkin Yayıncılık*.
- Naja, F., & Hamadeh, R. (2020). Nutrition amid the COVID-19 pandemic: a multi-level framework for action. *European journal of clinical nutrition*, 74(8), 1117-1121.
- Niedbała, G., Kurasiak-Popowska, D., Stuper-Szablewska, K., & Nawracała, J. (2020). Application of artificial neural networks to analyze the concentration of ferulic acid, deoxynivalenol, and nivalenol in winter wheat grain. *Agriculture*, 10(4), 127.
- Öcalan, O. N., Saraçoğlu, O., Yıldız, K., Çezik, F., & Al-Salihi, A. A. M. (2023). Effect of IBA and caffeic acid on rooting of black mulberry (*Morus nigra* L.) hardwood cuttings in different dark conditions.
- Öcalan, O. N., & Saraçoğlu, O. (2024). Relationships between anthocyanin content and some pomological and colour characteristics of black mulberry (*Morus nigra*) fruit. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 6(1), 55-62.
- Özen, N. S., Saraç, S., & Koyuncu, M. (2021). COVID-19 vakalarının makine öğrenmesi algoritmaları ile tahmini: Amerika Birleşik Devletleri örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 134-139.
- Özgen, M., Serçe, S., & Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 275-279.

- Öztürk A (2008) Doppler işaretlerinin kaotik ölçütlerle sınıflandırılması (Doktora tezi). Konya, Selçuk Üniversitesi.
- Piccolo, E. L., Matteoli, S., Landi, M., Guidi, L., Massai, R., & Remorini, D. (2022). Measurements of Anthocyanin Content of Prunus Leaves Using Proximal Sensing Spectroscopy and Statistical Machine Learning. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 71, 1-10.
- Rahmanzadeh-Ishkeh, S., Shirzad, H., Tofighi, Z., Fattahi, M., & Ghosta, Y. (2024). Exogenous melatonin prolongs raspberry postharvest life quality by increasing some antioxidant and enzyme activity and phytochemical contents. *Scientific Reports*, 14(1), 11508.
- Rolle, L., & Guidoni, S. (2007). Color and anthocyanin evaluation of red winegrapes by CIE L^* , a^* , b^* parameters. *Oeno One*, 41(4), 193-201.
- Rodríguez-Pulido, F. J., Gil-Vicente, M., Gordillo, B., Heredia, F. J., & González-Miret, M. L. (2017). Measurement of ripening of raspberries (*Rubus idaeus* L.) by near infrared and colorimetric imaging techniques. *Journal of food science and technology*, 54(9), 2797-2803.
- Shibghatallah, M. A. H., Khotimah, S. N., Suhandono, S., Viridi, S., & Kesuma, T. (2013, September). Measuring leaf chlorophyll concentration from its color: A way in monitoring environment change to plantations. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1554, No. 1, pp. 210-213). American Institute of Physics.
- Singha, S., Baugher, T. A., Townsend, E. C., & D'Souza, M. C. (1991). Anthocyanin distribution in Delicious' apples and the relationship between anthocyanin concentration and chromaticity values. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(3), 497-499.
- Spinardi, A., Cola, G., Gardana, C. S., & Mignani, I. (2019). Variation of anthocyanin content and profile throughout fruit development and ripening of highbush blueberry cultivars grown at two different altitudes. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1045.
- Smith, L. N. (2017, March). Cyclical learning rates for training neural networks. In *2017 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV)* (pp. 464-472). IEEE.
- Smrke, T., Stajner, N., Cesar, T., Veberic, R., Hudina, M., & Jakopic, J. (2023). Correlation between Destructive and Non-Destructive Measurements of Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruit during Maturation. *Horticulturae*, 9(4), 501.
- Soltanikazemi, M., Abdanan Mehdizadeh, S., Heydari, M., & Faregh, S. M. (2023). Development of a smart spectral analysis method for the determination of mulberry (*Morus alba* var. *nigra* L.) juice quality parameters using FT-IR spectroscopy. *Food Science & Nutrition*, 11(4), 1808-1817.
- Şentürk, S., & Aşan, Z. (2007). Bulanık mantıkta korelasyon katsayısı; meteorolojik olaylarda bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi* C.XX, S.1.
- Tziolas, N., Ordoudi, S. A., Tavlaridis, A., Karyotis, K., Zalidis, G., & Mourtzinis, I. (2021). Rapid assessment of anthocyanins content of onion waste through visible-near-short-wave and mid-infrared spectroscopy combined with machine learning techniques. *Sustainability*, 13(12), 6588.
- Vapnik, V. (2013). *The nature of statistical learning theory*. Springer science & business media.
- Veberic, R., Jakopic, J., Stampar, F., & Schmitzer, V. (2009). European elderberry (*Sambucus nigra* L.) rich in sugars, organic acids, anthocyanins and selected polyphenols. *Food Chemistry*, 114(2), 511-515.
- Vieira, L. M., Marinho, L. M. G., Rocha, J. D. C. G., Barros, F. A. R., & Stringheta, P. C. (2018). Chromatic analysis for predicting anthocyanin content in fruits and vegetables. *Food Science and Technology*, 39, 415-422.
- Wang, L., Tan, L., Yu, C., & Wu, Z. (2012, April). Study and application of non-linear time series prediction in ground source heat pump system. In *2012 2nd International*

- Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)* (pp. 3522-3525). IEEE.
- Wang, Z., Liu, Y., Wang, K., Wang, Y., Wang, X., Liu, J., Xu, C., & Song, Y. (2024). Phenotyping the Anthocyanin Content of Various Organs in Purple Corn Using a Digital Camera. *Agriculture*, 14(5), 744.
- Williams, M., & Hrazdina, G. (1979). Anthocyanins as food colorants: Effect of pH on the formation of anthocyanin-rutin complexes. *Journal of Food Science*, 44(1), 66-68.
- Yan, Y., Pico, J., Gerbrandt, E. M., Dossett, M., & Castellarin, S. D. (2023). Comprehensive anthocyanin and flavonol profiling and fruit surface color of 20 blueberry genotypes during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 199, 112274.
- Yang, X., Zhang, J., Guo, D., Xiong, X., Chang, L., Niu, Q., & Huang, D. (2016). Measuring and evaluating anthocyanin in lettuce leaf based on color information. *Ifac-papersonline*, 49(16), 96-99.
- Yousuf, B., Gul, K., Wani, A. A., & Singh, P. (2016). Health benefits of anthocyanins and their encapsulation for potential use in food systems: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(13), 2223-2230.
- Yöntem, M. K., & Adem, K. (2019). Prediction of the Level of Alexithymia through Machine Learning Methods Applied to Automatic Thoughts. *Current Approaches in Psychiatry/Psikiyatride Guncel Yaklasimlar*, 11.Öztemel, E. (2003). Yapay sinir ağları. *PapatyaYayincilik, Istanbul*.
- Zafra-Stone, S., Yasmin, T., Bagchi, M., Chatterjee, A., Vinson, J. A., & Bagchi, D. (2007). Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Molecular nutrition & food research*, 51(6), 675-683.
- Zha, J. (2020, December). Artificial intelligence in agriculture. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1693, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.

EKLER

Ek 1. Ölçülen antosiyanin değerleri ile makine öğrenimi modellerinden elde edilen tahmin değerleri ve hata oranları

Örnek Sırası	Ölçülen	<u>RandomForest</u>		<u>KNN</u>		<u>SVM</u>		<u>MLPNN</u>	
		Tahmin	Hata (%)	Tahmin	Hata (%)	Tahmin	Hata (%)	Tahmin	Hata (%)
1	381,37	196,234	48,54	132,8	65,18	256,78	32,67	235,571	38,23
2	261,15	175,779	32,69	172,833	33,82	239,649	8,23	191,088	26,83
3	324,02	243,116	24,97	218,687	32,51	271,265	16,28	272,716	15,83
4	130,63	150,321	-15,07	153,797	-17,73	256,689	-96,50	236,807	-81,28
5	28,61	24,545	14,21	29,943	-4,66	1,927	93,26	-1,664	105,82
6	339,75	284,151	16,36	340,4	-0,19	291,255	14,27	325,295	4,25
7	339,54	388,956	-14,55	444,533	-30,92	324,31	4,49	394,216	-16,10
8	52,56	44,039	16,21	44,267	15,78	40,797	22,38	31,643	39,80
9	140,6	118,216	15,92	60,75	56,79	142,917	-1,65	100,419	28,58
10	114,03	175,849	-54,21	150,823	-32,27	227,819	-99,79	204,939	-79,72
11	302,57	179,285	40,75	224,34	25,86	244,988	19,03	228,522	24,47
12	114,42	76,231	33,38	56,243	50,85	111,462	2,59	88,576	22,59
13	170,44	197,278	-15,75	208,5	-22,33	162,013	4,94	120,861	29,09
14	180,86	163,623	9,53	194,643	-7,62	218,86	-21,01	160,341	11,35
15	112,18	141,552	-26,18	167,48	-49,30	109,885	2,05	99,479	11,32
16	261,07	134,212	48,59	165,22	36,71	193,281	25,97	133,443	48,89
17	32,84	31,878	2,93	30,867	6,01	-5,56	116,93	5,697	82,65
18	92,74	140,219	-51,20	156,437	-68,68	182,806	-97,12	0,12572	99,86
19	35,49	67,755	-90,91	110,57	-211,55	91,044	-156,53	59,584	-67,89
20	362,55	345,902	4,59	382,95	-5,63	324,139	10,59	423,306	-16,76
21	54,41	82,091	-50,87	77,003	-41,52	123,93	-127,77	71,862	-32,07
22	75,36	81,946	-8,74	86	-14,12	139,863	-85,59	74,963	0,53
23	113,12	135,512	-19,79	96,187	14,97	109,955	2,80	73,337	35,17
24	63,13	68,676	-8,79	61,843	2,04	177,488	-181,15	94,364	-49,48
25	107,32	73,101	31,89	74,673	30,42	71,269	33,59	63,426	40,90
26	349,7	268,447	23,24	251,5	28,08	260,637	25,47	259,705	25,73
27	267,45	300,424	-12,33	354,3	-32,47	293,657	-9,80	0,34347	99,87
28	406,19	354,463	12,73	448,54	-10,43	300,726	25,96	0,39295	99,90
29	23,78	29,913	-25,79	20,34	14,47	54,624	-129,71	25,837	-8,65
30	119,01	163,478	-37,36	151,443	-27,25	147,329	-23,80	110,365	7,26
31	25,33	77,029	-204,10	55,06	-117,37	143,248	-465,53	76,987	-203,94
32	28,93	98,582	-240,76	86,717	-199,75	137,322	-374,67	86,614	-199,39
33	41,41	43,07	-4,01	42,777	-3,30	24,982	39,67	28,624	30,88
34	188,43	164,814	12,53	229,9	-22,01	240,957	-27,88	192,753	-2,29
35	432,31	441,17	-2,05	476,527	-10,23	332,104	23,18	431,984	0,08
36	2,26	59,415	-2528,98	83,853	-3610,31	104,616	-4529,03	71,082	-3045,22
37	303,36	274,017	9,67	225,44	25,69	256,486	15,45	286,375	5,60
38	250,55	191,562	23,54	149,513	40,33	230,149	8,14	211,403	15,62
39	33,31	68,744	-106,38	50,293	-50,98	72,525	-117,73	55,439	-66,43
40	127,51	291,943	-128,96	207,253	-62,54	289,434	-126,99	309,009	-142,34

41	260,38	164,575	36,79	129,153	50,40	143,356	44,94	107,472	58,72
42	40,91	45,603	-11,47	47,66	-16,50	49,286	-20,47	40,483	1,04
43	310,52	284,073	8,52	251,827	18,90	229,247	26,17	201,824	35,00
44	221,75	300,264	-35,41	251,5	-13,42	263,239	-18,71	280,798	-26,63
45	23,61	27,189	-15,16	26,067	-10,41	-4,625	119,59	-2,314	109,80
46	152,28	137,622	9,63	217,31	-42,70	157,145	-3,19	116,493	23,50
47	240,26	297,608	-23,87	263,387	-9,63	281,623	-17,22	279,934	-16,51
48	135,77	136,224	-0,33	100,247	26,16	149,477	-10,10	83,844	38,25
49	47,46	59,332	-25,01	83,117	-75,13	24,324	48,75	58,216	-22,66
50	22,77	32,748	-43,82	33,607	-47,59	14,072	38,20	18,248	19,86
51	111,67	196,932	-76,35	171,08	-53,20	185,111	-65,77	147,247	-31,86
52	144,91	135,171	6,72	147,943	-2,09	183,171	-26,40	138,144	4,67
53	66,43	92,005	-38,50	88,567	-33,32	82,834	-24,69	64,601	2,75
54	228,36	273,131	-19,61	232,427	-1,78	272,221	-19,21	253,077	-10,82
55	92,78	161,46	-74,02	114,23	-23,12	169,326	-82,50	127,223	-37,12
56	93,85	203,443	-116,77	153,99	-64,08	217,296	-131,54	0,17746	99,81
57	237,93	222,725	6,39	252,277	-6,03	261,083	-9,73	0,21835	99,91
58	52,72	86,171	-63,45	88,713	-68,27	117,057	-122,04	85,055	-61,33
59	544,44	293,097	46,17	227,237	58,26	298,252	45,22	312,231	42,65
60	87,14	65,127	25,26	59,973	31,18	29,348	66,32	59,169	32,10
61	153,65	188,175	-22,47	153,84	-0,12	248,151	-61,50	0,14477	99,91
62	286,01	169,106	40,87	196,423	31,32	263,005	8,04	220,107	23,04
63	437,52	433,976	0,81	320,103	26,84	341,906	21,85	0,45497	99,90
64	227,9	259,817	-14,00	238,98	-4,86	220,773	3,13	202,034	11,35
65	357,71	588,776	-64,60	616,967	-72,48	472,721	-32,15	542,979	-51,79
66	226,5	226,69	-0,08	251,93	-11,23	225,278	0,54	174,331	23,03
67	435,39	429,457	1,36	421,38	3,22	327,06	24,88	403,015	7,44
68	64,61	78,113	-20,90	71,577	-10,78	65,595	-1,52	70,492	-9,10
69	148,96	132,506	11,05	190,343	-27,78	140,493	5,68	105,366	29,27
70	30,63	94,924	-209,91	91,36	-198,27	65,337	-113,31	62,767	-104,92
71	219,44	305,626	-39,28	311,41	-41,91	269,733	-22,92	330,346	-50,54
72	191,95	85,389	55,51	78,443	59,13	127,507	33,57	94,717	50,66
73	207,75	157,747	24,07	167,48	19,38	125,689	39,50	106,383	48,79
74	36,42	35,045	3,78	39,22	-7,69	30,048	17,50	36,467	-0,13
75	111,72	91,226	18,34	203,057	-81,76	231,204	-106,95	141,094	-26,29
76	48,2	81,013	-68,08	69,953	-45,13	38,951	19,19	51,894	-7,66
77	291,91	314,527	-7,75	329,327	-12,82	288,117	1,30	316,567	-8,45
78	48,23	78,773	-63,33	73,127	-51,62	65,716	-36,26	67,544	-40,05
79	202,76	292,095	-44,06	299,59	-47,76	312,874	-54,31	346,211	-70,75
80	583,98	474,443	18,76	495,463	15,16	381,988	34,59	498,133	14,70
81	237,66	227,699	4,19	213,01	10,37	263,117	-10,71	257,235	-8,24
82	499,75	483,545	3,24	491,377	1,68	344,924	30,98	434,222	13,11
83	386,19	405,574	-5,02	356,743	7,63	331,101	14,26	391,684	-1,42
84	115,47	95,825	17,01	80,147	30,59	102,14	11,54	82,288	28,74
85	117,86	98,35	16,55	109,833	6,81	105,723	10,30	78,185	33,66
86	84,34	77,73	7,84	54,217	35,72	31,679	62,44	44,501	47,24

87	115,36	197,723	-71,40	158,043	-37,00	238,001	-106,31	186,372	-61,56
88	137,25	242,706	-76,83	193,257	-40,81	249,22	-81,58	210,147	-53,11
89	124,47	109,876	11,72	210,653	-69,24	227,4	-82,69	152,529	-22,54
90	186,65	256,707	-37,53	259,267	-38,91	263,823	-41,35	0,25295	99,86
91	34,71	75,487	-117,48	60,73	-74,96	51,477	-48,31	55,574	-60,11
92	227,42	228,969	-0,68	240,323	-5,67	254,679	-11,99	206,345	9,27
93	104,06	172,051	-65,34	160,867	-54,59	203,954	-96,00	167,721	-61,18
94	181,51	213,345	-17,54	235,013	-29,48	188,972	-4,11	133,063	26,69
95	20,5	23,273	-13,53	21,853	-6,60	5,667	72,36	3,742	81,75
96	180,22	314,809	-74,68	309,273	-71,61	171,337	4,93	163,514	9,27
97	107,55	92,034	14,43	137,343	-27,70	172,504	-60,39	108,906	-1,26
98	246,03	236,548	3,85	212,803	13,51	273,228	-11,05	0,2734	99,89
99	56,2	47,284	15,86	35,463	36,90	60,566	-7,77	52,785	6,08
100	43,89	273,736	-523,69	176,2	-301,46	249,141	-467,65	231,427	-427,29
101	709,82	430,838	39,30	383,513	45,97	356,55	49,77	0,47373	99,93
102	289,45	198,843	31,30	165,3	42,89	214,235	25,99	187,403	35,26
103	359,62	308,554	14,20	361,923	-0,64	280,076	22,12	367,243	-2,12
104	392,73	294,013	25,14	264,483	32,66	280,112	28,68	311,746	20,62
105	252,38	150,788	40,25	141,783	43,82	232,447	7,90	183,922	27,12
106	60,72	67,391	-10,99	119,76	-97,23	88,155	-45,18	79,806	-31,43
107	469,28	266,162	43,28	298,83	36,32	301,443	35,76	324,262	30,90
108	149,49	224,715	-50,32	239,257	-60,05	197,794	-32,31	147,973	1,01
109	270,7	274,81	-1,52	276,877	-2,28	279,784	-3,36	0,31192	99,88
110	35,17	67,579	-92,15	70,363	-100,07	94,164	-167,74	65,047	-84,95
111	38,63	73,139	-89,33	44,07	-14,08	184,342	-377,20	116,377	-201,26
112	189,63	136,535	28,00	165	12,99	159,937	15,66	111,119	41,40
113	268,49	273,466	-1,85	241,273	10,14	294,901	-9,84	0,2675	99,90
114	439,09	386,177	12,05	309,47	29,52	333,992	23,94	0,41158	99,91
115	233,82	368,57	-57,63	312,403	-33,61	335,971	-43,69	405,862	-73,58
116	361,31	348,012	3,68	423,083	-17,10	308,488	14,62	361,883	-0,16
117	211,85	130,265	38,51	135,683	35,95	247,006	-16,59	226,944	-7,12
118	48,04	46,966	2,24	48,4	-0,75	75,349	-56,85	26,299	45,26
119	202,03	154,267	23,64	159,577	21,01	147,801	26,84	0,10728	99,95
120	238,61	249,993	-4,77	224,28	6,01	267,483	-12,10	217,434	8,87
121	81,25	109,655	-34,96	116,577	-43,48	65,727	19,11	75,833	6,67
122	86,29	65,854	23,68	58,727	31,94	95,23	-10,36	71,259	17,42
123	107,74	69,805	35,21	65,023	39,65	110,35	-2,42	0,08741	99,92
124	27,35	37,487	-37,06	35,217	-28,76	-5,208	119,04	6,552	76,04
125	149,52	181,203	-21,19	151,91	-1,60	200,299	-33,96	141,133	5,61
126	481,83	258,092	46,44	262,197	45,58	226,333	53,03	222,845	53,75
127	71,88	66,731	7,16	86,117	-19,81	75,483	-5,01	64,321	10,52
128	34,34	28,762	16,24	35,217	-2,55	13,168	61,65	14,599	57,49
129	219,3	234,705	-7,02	236,323	-7,76	255,925	-16,70	210,124	4,18
130	610,19	586,887	3,82	554,91	9,06	398,901	34,63	519,168	14,92
131	56,18	36,781	34,53	22,183	60,51	8,942	84,08	26,998	51,94
132	61,57	59,898	2,72	54,82	10,96	69,295	-12,55	66,983	-8,79

133	164,67	82,86	49,68	199,753	-21,31	229,158	-39,16	145,601	11,58
134	324,95	305,656	5,94	321,313	1,12	316,14	2,71	313,406	3,55
135	44,19	57,532	-30,19	51,347	-16,20	53,261	-20,53	57,536	-30,20
136	491,22	191,096	61,10	155,807	68,28	224,168	54,37	182,649	62,82
137	83,35	69,096	17,10	73,353	11,99	53,491	35,82	63,645	23,64
138	299,83	308,663	-2,95	336,547	-12,25	282,527	5,77	314,265	-4,81
139	38,33	36,012	6,05	37,43	2,35	58,274	-52,03	55,217	-44,06
140	546,3	467,838	14,36	532,087	2,60	393,819	27,91	493,029	9,75
141	351,33	340,676	3,03	299,907	14,64	274,995	21,73	341,151	2,90
142	180,16	189,287	-5,07	137,9	23,46	191,849	-6,49	138,541	23,10
143	187,56	317,262	-69,15	251,663	-34,18	261,226	-39,28	303,205	-61,66
144	356,24	356,189	0,01	343,503	3,58	321,905	9,64	447,248	-25,55
145	71,82	81,962	-14,12	83,117	-15,73	32,933	54,15	58,034	19,20
146	332,44	276,331	16,88	237,96	28,42	257,125	22,66	237,178	28,66
147	168,22	267,768	-59,18	260,22	-54,69	251,861	-49,72	247,713	-47,26
148	278,1	300,679	-8,12	296,353	-6,56	295,187	-6,14	309,788	-11,39
149	353,28	317,954	10,00	291,503	17,49	306,451	13,26	338,008	4,32
150	185,58	244,95	-31,99	201,407	-8,53	274,36	-47,84	263,081	-41,76
151	67,12	138,085	-105,73	208,18	-210,16	170,104	-153,43	115,877	-72,64
152	72,38	80,841	-11,69	71,55	1,15	170,322	-135,32	101,684	-40,49
153	233,18	202,958	12,96	139,113	40,34	223,827	4,01	164,883	29,29
154	639,01	330,825	48,23	314,707	50,75	324,895	49,16	393,617	38,40
155	706,71	483,515	31,58	506,933	28,27	350,404	50,42	474,604	32,84
156	408,16	408,329	-0,04	437,447	-7,18	296,719	27,30	379,832	6,94
157	317,85	451,144	-41,94	255,503	19,62	379,244	-19,32	449,628	-41,46
158	161,47	131,512	18,55	172,877	-7,06	140,224	13,16	93,242	42,25
159	385,45	364,878	5,34	222,943	42,16	326,184	15,38	398,915	-3,49
160	130,31	98,101	24,72	124,62	4,37	136,157	-4,49	97,975	24,81
161	140,71	177,502	-26,15	128,43	8,73	229,7	-63,24	180,078	-27,98
162	181,54	157,781	13,09	170,757	5,94	157,779	13,09	108,854	40,04
163	214,31	179,409	16,29	187,583	12,47	218,63	-2,02	175,486	18,12
164	268,02	193,784	27,70	231,56	13,60	246,204	8,14	0,24221	99,91
165	249,65	169,375	32,16	102,12	59,09	142,444	42,94	109,052	56,32
166	292,9	247,432	15,52	254,67	13,05	174,88	40,29	0,13755	99,95
167	74,85	53,009	29,18	65,917	11,93	85,718	-14,52	54,101	27,72
168	535,3	394,055	26,39	318,74	40,46	339,685	36,54	435,837	18,58
169	99,07	88,14	11,03	74,127	25,18	71,599	27,73	73,804	25,50
170	371,84	392,009	-5,42	479,09	-28,84	313,123	15,79	401,927	-8,09
171	344,86	325,773	5,53	371,197	-7,64	246,197	28,61	275,227	20,19
172	343,18	401,479	-16,99	515,353	-50,17	335,419	2,26	407,546	-18,76
173	182,44	205,596	-12,69	186,91	-2,45	233,6	-28,04	164,441	9,87
174	61,67	80,64	-30,76	116,8	-89,40	170,023	-175,70	110,184	-78,67
175	211,92	257,913	-21,70	345,707	-63,13	239,009	-12,78	225,933	-6,61
176	209,26	163,317	21,95	110,243	47,32	174,695	16,52	36,979	82,33
177	92,41	87,015	5,84	89,377	3,28	117,258	-26,89	-30,017	132,48
178	316,03	208,627	33,99	302,337	4,33	270,756	14,33	0,17098	99,95

179	358,58	263,607	26,49	325,86	9,12	239,175	33,30	121,778	66,04
180	80,4	95,769	-19,12	65,023	19,13	133,69	-66,28	1,127	98,60
181	342,67	431,422	-25,90	336,887	1,69	320,965	6,33	299,457	12,61
182	391,5	305,502	21,97	318,737	18,59	276,389	29,40	206,266	47,31
183	53,29	67,36	-26,40	53,957	-1,25	98,671	-85,16	-0,0045	100,01
184	69,63	68,448	1,70	62,773	9,85	97,076	-39,42	-4,476	106,43
185	48,79	52,226	-7,04	54,827	-12,37	34,857	28,56	-30,452	162,41
186	49,18	90,863	-84,76	107,957	-119,51	111,19	-126,09	-17,225	135,02
187	131,4	207,196	-57,68	239,377	-82,17	241,904	-84,10	116,865	11,06
188	209,89	216,88	-3,33	231,257	-10,18	258,08	-22,96	125,577	40,17
189	26,32	24,46	7,07	25,087	4,68	12,798	51,38	-74,356	382,51
190	210,94	174,801	17,13	154,013	26,99	210,739	0,10	72,981	65,40
191	231,4	246,143	-6,37	231,413	-0,01	271,28	-17,23	164,431	28,94
192	335,4	203,178	39,42	220,097	34,38	256,186	23,62	139,371	58,45
193	77,64	71,776	7,55	73,28	5,62	42,508	45,25	-54,147	169,74
194	143,97	140,957	2,09	138,317	3,93	163,366	-13,47	0,02074	99,99
195	112,06	102,718	8,34	111,097	0,86	83,748	25,27	-10,934	109,76
196	76,62	74,111	3,27	97,547	-27,31	137,577	-79,56	-13,453	117,56
197	181,9	197,449	-8,55	147,643	18,83	201,861	-10,97	57,911	68,16
198	202,77	191,485	5,57	196,917	2,89	201,475	0,64	66,422	67,24
199	18,08	74,13	-310,01	69,217	-282,84	109,568	-506,02	-14,465	180,01
200	78,8	94,59	-20,04	109,883	-39,45	205,119	-160,30	0,033	99,96
201	261,22	314,746	-20,49	310,68	-18,93	270,448	-3,53	244,658	6,34
202	239,82	229,67	4,23	249,593	-4,08	241,496	-0,70	141,309	41,08
203	450,56	356,399	20,90	439,573	2,44	300,316	33,35	290,979	35,42
204	485,46	421,006	13,28	348,14	28,29	297,96	38,62	230,786	52,46
205	111,82	127,801	-14,29	121,507	-8,66	171,316	-53,21	15,269	86,35
206	272,46	323,274	-18,65	300,477	-10,28	331,078	-21,51	300,858	-10,42
207	250,33	324,827	-29,76	272,777	-8,97	301,512	-20,45	238,902	4,57
208	246,41	257,463	-4,49	236,21	4,14	267,235	-8,45	197,195	19,97
209	100,05	99,81	0,24	77,043	23,00	86,94	13,10	-15,618	115,61
210	542,69	275,782	49,18	204,027	62,40	304,274	43,93	218,485	59,74
211	391,84	547,349	-39,69	475,807	-21,43	343,404	12,36	342,265	12,65
212	69,88	205,001	-193,36	153,027	-118,99	208,439	-198,28	59,127	15,39
213	545,47	441,654	19,03	427,03	21,71	301,316	44,76	266,886	51,07
214	134,32	184,095	-37,06	155,44	-15,72	236,402	-76,00	106,912	20,41
215	94,72	103,112	-8,86	99,807	-5,37	149,471	-57,80	6,465	93,17
216	25,93	25,65	1,08	20,713	20,12	23,305	10,12	-76,696	395,78
217	231,48	196,749	15,00	185,273	19,96	269,057	-16,23	162,506	29,80
218	54,51	130,628	-139,64	117,34	-115,26	127,813	-134,48	4,586	91,59
219	483,04	477,912	1,06	519,407	-7,53	371,813	23,03	0,36064	99,93
220	18,82	23,937	-27,19	23,79	-26,41	43,214	-129,62	-0,12087	100,64
221	408,44	270,714	33,72	291,373	28,66	324,328	20,59	275,698	32,50
222	280,06	537,083	-91,77	655,45	-134,04	365,487	-30,50	333,268	-19,00
223	224,65	189,002	15,87	226,32	-0,74	269,533	-19,98	170,442	24,13
224	71,38	161,694	-126,53	146,823	-105,69	224,286	-214,21	84,291	-18,09

225	79,8	91,486	-14,64	55,487	30,47	95,16	-19,25	-23,371	129,29
226	457,35	441,638	3,44	397,227	13,15	363,73	20,47	291,981	36,16
227	32,19	119,217	-270,35	102,493	-218,40	205,708	-539,04	47,722	-48,25
228	314,55	284,371	9,59	284,203	9,65	289,734	7,89	249,226	20,77
229	102,06	56,617	44,53	51,727	49,32	-25,034	124,53	-101,954	199,90
230	284,75	252,844	11,20	250,123	12,16	294,566	-3,45	242,117	14,97
231	334,17	510,903	-52,89	463,463	-38,69	356,148	-6,58	354,642	-6,13
232	41,69	50,869	-22,02	46,943	-12,60	63,404	-52,08	-53,844	229,15
233	163,32	151,623	7,16	118,69	27,33	155,895	4,55	24,436	85,04
234	256,28	294,65	-14,97	298,513	-16,48	282,297	-10,15	180,517	29,56
235	59,14	60,801	-2,81	72,517	-22,62	18,649	68,47	-55,347	193,59
236	112,8	81,679	27,59	65,023	42,36	110,192	2,31	-4,164	103,69
237	25,39	26,48	-4,29	21,407	15,69	25,808	-1,65	-58,724	331,29
238	355,3	345,021	2,89	344,797	2,96	285,553	19,63	227,585	35,95
239	185,54	117,517	36,66	154,4	16,78	206,619	-11,36	1,193	99,36
240	217,35	324,506	-49,30	172,467	20,65	267,251	-22,96	0,19142	99,91
241	88,66	144,565	-63,06	134,187	-51,35	142,104	-60,28	12,863	85,49
242	217,97	162,706	25,35	130,707	40,03	171,003	21,55	25,648	88,23
243	7,46	37,23	-399,06	29,467	-295,00	9,843	-31,94	-51,659	792,48
244	226,34	250,444	-10,65	284,1	-25,52	251,329	-11,04	118,024	47,86
245	40,96	38,898	5,03	36,93	9,84	15,194	62,91	-0,04627	100,11
246	32,38	61,177	-88,93	45,063	-39,17	54,997	-69,85	-40,884	226,26
247	400,04	273,87	31,54	254,69	36,33	219,293	45,18	138,542	65,37
248	307,77	237,859	22,72	231,407	24,81	272,309	11,52	193,386	37,17
249	81,68	77,642	4,94	82,877	-1,47	45,768	43,97	-30,625	137,49
250	270,69	195,884	27,64	226,543	16,31	198,754	26,58	58,621	78,34
251	136,49	199,829	-46,41	254,367	-86,36	228,688	-67,55	94,335	30,89
252	291,55	327,013	-12,16	392,833	-34,74	260,446	10,67	198,443	31,94
253	267,42	193,696	27,57	228,287	14,63	269,366	-0,73	155,294	41,93
254	158,53	144,769	8,68	135,207	14,71	158,125	0,26	23,154	85,39
255	123,12	110,35	10,37	98,747	19,80	130,804	-6,24	-3,174	102,58
256	652,57	345,889	47,00	319,79	51,00	313,64	51,94	276,089	57,69
257	235,88	183,488	22,21	135,243	42,66	224,259	4,93	84,642	64,12
258	78,64	86,503	-10,00	92,657	-17,82	81,021	-3,03	-18,645	123,71
259	139,68	90,939	34,89	73,927	47,07	90,763	35,02	-8,529	106,11
260	63,31	67,427	-6,50	69,597	-9,93	57,99	8,40	-28,093	144,37
261	348,21	531,85	-52,74	493,88	-41,83	349,087	-0,25	341,573	1,91
262	210,16	230,168	-9,52	228,517	-8,73	276,148	-31,40	204,354	2,76
263	115,65	89,195	22,88	86,763	24,98	55,915	51,65	-19,333	116,72
264	17,52	26,824	-53,11	22,583	-28,90	28,85	-64,67	-83,241	575,12
265	426,99	297,257	30,38	318,413	25,43	285,302	33,18	120,198	71,85
266	276,16	286,435	-3,72	344,243	-24,65	255,866	7,35	154,194	44,16
267	270,8	252,062	6,92	261,08	3,59	238,957	11,76	160,162	40,86
268	113,25	103,407	8,69	126,363	-11,58	116,415	-2,79	7,554	93,33
269	71,93	69,17	3,84	54,247	24,58	141,198	-96,30	-6,239	108,67
270	247,31	317,238	-28,28	329,39	-33,19	276,404	-11,76	187,706	24,10

271	194,08	154,958	20,16	159,987	17,57	159,489	17,82	26,268	86,47
272	339,18	360,95	-6,42	372,673	-9,87	318,833	6,00	234,306	30,92
273	384,29	289,385	24,70	215,753	43,86	310,445	19,22	242,397	36,92
274	183,25	200,186	-9,24	189,257	-3,28	260,063	-41,92	79,605	56,56
275	76,54	77,718	-1,54	72,817	4,86	60,153	21,41	-15,489	120,24
276	658,54	319,611	51,47	336,887	48,84	327,52	50,27	295,663	55,10
277	141,81	130,691	7,84	154,4	-8,88	193,524	-36,47	23,879	83,16
278	178,95	213,064	-19,06	242,377	-35,44	257,106	-43,67	81,403	54,51
279	214,38	136,121	36,50	148,187	30,88	167,132	22,04	28,607	86,66
280	314,88	375,545	-19,27	461,55	-46,58	301,626	4,21	274,872	12,71
281	19,65	25,527	-29,91	21,453	-9,18	8,873	54,84	-58,026	395,30
282	173,21	177,47	-2,46	215,36	-24,33	225,66	-30,28	69,668	59,78
283	281,77	230,281	18,27	181,467	35,60	155,081	44,96	29,115	89,67
284	317,79	235,183	25,99	269,187	15,29	279,71	11,98	155,449	51,08
285	125,7	128,023	-1,85	143,633	-14,27	161,162	-28,21	18,577	85,22
286	64,72	57,043	11,86	49,493	23,53	18,12	72,00	-27,612	142,66
287	243,37	270,741	-11,25	172,453	29,14	267,607	-9,96	171,831	29,40
288	37,69	41,591	-10,35	45,99	-22,02	59,13	-56,89	-35,774	194,92
289	38,35	33,999	11,35	25,08	34,60	-10,809	128,19	-76,734	300,09
290	17,38	63,12	-263,18	89,017	-412,18	91,437	-426,10	-48,104	376,78
291	610,92	537,696	11,99	422,663	30,82	322,126	47,27	308,902	49,44
292	96,55	109,423	-13,33	119,017	-23,27	109,762	-13,68	-10,689	111,07
293	69,74	54,4	22,00	40,977	41,24	27,353	60,78	-50,135	171,89
294	224,13	175,017	21,91	169,977	24,16	213,71	4,65	83,772	62,62
295	279,36	458,382	-64,08	367,273	-31,47	330,13	-18,17	316,385	-13,25
296	342,72	437,189	-27,56	260,477	24,00	326,762	4,66	315,552	7,93
297	561,04	464,131	17,27	396,923	29,25	294,043	47,59	0,25244	99,96
298	56,05	90,302	-61,11	81,62	-45,62	72,584	-29,50	-24,797	144,24
299	373,04	353,25	5,31	323,78	13,21	312,564	16,21	292,533	21,58
300	228,28	178,572	21,78	169,977	25,54	208,969	8,46	74,786	67,24
301	38,07	152,218	-299,84	153,077	-302,09	194,047	-409,71	44,162	-16,00
302	329,94	358,648	-8,70	344,653	-4,46	325,215	1,43	253,914	23,04
303	47,04	35,66	24,19	40,693	13,49	-5,971	112,69	-36,386	177,35
304	280,3	271,274	3,22	309,28	-10,34	295,175	-5,31	223,586	20,23
305	362,65	340,303	6,16	372,997	-2,85	336,857	7,11	281,232	22,45
306	534,77	428,14	19,94	418,977	21,65	312,318	41,60	293,891	45,04
307	345,44	324,939	5,93	319,077	7,63	285,483	17,36	256,517	25,74
308	354,67	322,488	9,07	258,513	27,11	276,072	22,16	184,674	47,93
309	148,36	195,465	-31,75	213,663	-44,02	227,079	-53,06	101,326	31,70
310	85,12	62,463	26,62	50,483	40,69	36,061	57,64	-33,768	139,67
311	18,84	25,496	-35,33	21,407	-13,63	31,619	-67,83	-68,789	465,12
312	29,32	31,163	-6,29	25,08	14,46	-21,602	173,68	-89,749	406,10
313	458,27	378,685	17,37	429,823	6,21	307,511	32,90	270,125	41,06
314	174,78	197,998	-13,28	134,863	22,84	213,335	-22,06	64,481	63,11
315	166,72	160,098	3,97	156,62	6,06	153,652	7,84	20,785	87,53
316	452,3	436,704	3,45	410,79	9,18	338,76	25,10	316,379	30,05

317	246,86	165,133	33,11	177,92	27,93	161,984	34,38	31,064	87,42
318	267,58	242,975	9,20	272,97	-2,01	242,687	9,30	140,148	47,62
319	427,38	333,739	21,91	377,943	11,57	313,086	26,74	292,529	31,55
320	223,93	212,344	5,17	180,167	19,54	270,97	-21,01	177,135	20,90
321	362,54	296,888	18,11	358,42	1,14	285,052	21,37	224,929	37,96
322	65,95	67,485	-2,33	92,233	-39,85	59,035	10,49	-34,584	152,44
323	41,35	91,993	-122,47	64,263	-55,41	141,204	-241,48	-6,675	116,14
324	111,54	83,337	25,29	113,1	-1,40	105,272	5,62	-38,729	134,72
325	143,1	177,417	-23,98	174,383	-21,86	244,049	-70,54	112,102	21,66
326	19,15	24,7	-28,98	24,78	-29,40	0,797	95,84	-74,455	488,80
327	108,05	164,666	-52,40	131,773	-21,96	217,145	-100,97	54,507	49,55
328	251,83	316,378	-25,63	398,02	-58,05	329,171	-30,71	247,529	1,71
329	87,53	82,41	5,85	64,623	26,17	56,476	35,48	-30,407	134,74
330	37,18	27,685	25,54	30,1	19,04	-5,776	115,54	-56,724	252,57
331	432,16	342,255	20,80	328,477	23,99	290,612	32,75	228,494	47,13
332	540,27	441,675	18,25	399,353	26,08	343,489	36,42	344,618	36,21
333	156,62	86,196	44,96	74,23	52,61	92,9	40,68	-9,074	105,79
334	604,76	557,151	7,87	470,967	22,12	354,162	41,44	360,792	40,34
335	33,94	50,27	-48,11	41,06	-20,98	34,958	-3,00	-0,03859	100,11
336	47,52	94,03	-97,87	109,387	-130,19	191,278	-302,52	0,03616	99,92
337	17,95	66,335	-269,55	57,273	-219,07	56,029	-212,14	-30,401	269,36
338	195,83	192,64	1,63	277,633	-41,77	199,786	-2,02	81,961	58,15
339	182,75	232,477	-27,21	186,86	-2,25	226,289	-23,82	102,598	43,86
340	274,58	260,937	4,97	239,517	12,77	200,787	26,87	63,792	76,77
341	373,88	358,222	4,19	346,057	7,44	330,878	11,50	275,866	26,22
342	319,25	321,361	-0,66	340,377	-6,62	287,792	9,85	257,024	19,49
343	116,19	126,672	-9,02	119,197	-2,59	173,871	-49,64	-22,646	119,49
344	36,94	91,168	-146,80	96,403	-160,97	78,48	-112,45	-15,913	143,08
345	446,85	338,344	24,28	334,587	25,12	311,807	30,22	245,711	45,01
346	275,61	265,183	3,78	375,35	-36,19	274,999	0,22	154,813	43,83
347	229,57	197,91	13,79	175,963	23,35	251,202	-9,42	126,345	44,96
348	156,31	184,784	-18,22	145,89	6,67	232,514	-48,75	95,509	38,90
349	29,23	30,359	-3,86	28,533	2,38	-34,905	219,41	-78,063	367,06
350	70,73	69,937	1,12	86,527	-22,33	41,363	41,52	0,11089	99,84
351	176,38	312,987	-77,45	363,607	-106,15	276,471	-56,75	392,374	-122,46
352	328,12	372,044	-13,39	377,77	-15,13	312,788	4,67	404,264	-23,21
353	209,05	362,532	-73,42	426,857	-104,19	318,466	-52,34	458,336	-119,25
354	428,36	452,123	-5,55	406,15	5,18	336,78	21,38	476,742	-11,29
355	260,42	142,424	45,31	139,557	46,41	180,409	30,72	168,988	35,11
356	427,7	480,33	-12,31	395,997	7,41	365,88	14,45	440,101	-2,90
357	463,87	366,184	21,06	411,887	11,21	303,94	34,48	398,757	14,04
358	27,51	25,189	8,44	19,15	30,39	-5,205	118,92	38,668	-40,56
359	271,2	321,345	-18,49	304,263	-12,19	288,743	-6,47	386,476	-42,51
360	155	134,69	13,10	121,567	21,57	175,544	-13,25	182,498	-17,74
361	21,87	87,964	-302,21	30,047	-37,39	146,648	-570,54	145,114	-563,53
362	217,69	338,053	-55,29	304,893	-40,06	317,656	-45,92	411,592	-89,07

363	31,39	33,111	-5,48	33,56	-6,91	22,112	29,56	65,823	-109,69
364	307,57	335,489	-9,08	539,577	-75,43	332,218	-8,01	448,979	-45,98
365	332,59	257,38	22,61	249,663	24,93	208,089	37,43	212,033	36,25
366	167,92	190,005	-13,15	159,603	4,95	168,728	-0,48	159,904	4,77
367	190,31	165,62	12,97	92,397	51,45	182,92	3,88	0,19251	99,90
368	265,07	237,905	10,25	273,66	-3,24	245,003	7,57	238,297	10,10
369	130,24	80,218	38,41	38,917	70,12	57,165	56,11	125,896	3,34
370	49,78	52,542	-5,55	47,07	5,44	35,573	28,54	97,203	-95,27
371	74,95	58,941	21,36	58,27	22,25	55,148	26,42	98,224	-31,05
372	256,06	272,788	-6,53	283,347	-10,66	285,365	-11,44	0,38304	99,85
373	130,65	132,909	-1,73	84,42	35,38	176,57	-35,15	181,224	-38,71
374	25,07	24,974	0,38	26,957	-7,53	37,091	-47,95	45,061	-79,74
375	522,27	402,592	22,91	312,75	40,12	329,092	36,99	469,066	10,19
376	237,26	306,516	-29,19	283,493	-19,49	305,479	-28,75	404,607	-70,53
377	126,66	169,457	-33,79	197,35	-55,81	212,188	-67,53	187,412	-47,96
378	208,2	180,646	13,23	160,987	22,68	174,375	16,25	154,106	25,98
379	140,92	429,455	-204,75	454,3	-222,38	366,136	-159,82	0,49573	99,65
380	332,46	263,808	20,65	288,02	13,37	231,893	30,25	261,707	21,28
381	303,61	296,151	2,46	214,023	29,51	273,629	9,87	247,096	18,61
382	258,54	379,073	-46,62	442,413	-71,12	352,312	-36,27	467,749	-80,92
383	221,85	229,66	-3,52	193,017	13,00	273,982	-23,50	243,923	-9,95
384	107,92	97,956	9,23	104,28	3,37	121,115	-12,23	133,177	-23,40
385	142,75	122,204	14,39	103,697	27,36	129,029	9,61	143,771	-0,72
386	160,96	98,988	38,50	83,537	48,10	111,111	30,97	131,482	18,31
387	259,45	127,933	50,69	121,6	53,13	175,749	32,26	176,233	32,07
388	289,35	366,987	-26,83	341,967	-18,18	304,528	-5,25	0,4431	99,85
389	304,83	381,571	-25,18	370,103	-21,41	283,76	6,91	399,828	-31,16
390	267,93	271,738	-1,42	273,07	-1,92	270,751	-1,05	321,325	-19,93
391	181,72	186,322	-2,53	225,28	-23,97	250,257	-37,72	264,247	-45,41
392	314,51	358,842	-14,10	382,387	-21,58	311,69	0,90	387,558	-23,23
393	282,26	230,123	18,47	256,473	9,14	237,944	15,70	256,688	9,06
394	384,95	355,094	7,76	349,7	9,16	314,301	18,35	427,098	-10,95
395	420,78	356,1	15,37	353,043	16,10	331,893	21,12	412,372	2,00
396	453,29	346,859	23,48	439,277	3,09	304,586	32,81	403,169	11,06
397	148,3	287,458	-93,84	189,56	-27,82	252,715	-70,41	299,891	-102,22
398	93,45	93,424	0,03	105,473	-12,87	112,203	-20,07	126,645	-35,52
399	87,7	84,971	3,11	70,043	20,13	112,712	-28,52	131,504	-49,95
400	130,75	135,169	-3,38	146,693	-12,19	138,971	-6,29	0,13834	99,89
401	407,31	128,386	68,48	141,877	65,17	214,867	47,25	199,385	51,05
402	127,93	155,521	-21,57	128,357	-0,33	187,582	-46,63	152,029	-18,84
403	197,41	180,933	8,35	210,593	-6,68	217,529	-10,19	0,21811	99,89
404	277,13	321,707	-16,09	264,733	4,47	310,32	-11,98	434,015	-56,61
405	375,03	320,921	14,43	327,22	12,75	305	18,67	371,375	0,97
406	95,47	70,231	26,44	49,817	47,82	59,882	37,28	111,395	-16,68
407	107,57	210,619	-95,80	265,54	-146,85	255,019	-137,07	294,898	-174,15
408	415,11	416,388	-0,31	355,813	14,28	359,168	13,48	468,016	-12,75

409	142,7	99,618	30,19	126,663	11,24	152,171	-6,64	149,565	-4,81
410	343,53	372,27	-8,37	420,177	-22,31	316,139	7,97	444,472	-29,38
411	25,36	30,511	-20,31	32,273	-27,26	-24,287	195,77	42,132	-66,14
412	70,74	56,095	20,70	65,397	7,55	61,887	12,51	115,963	-63,93
413	88,17	97,196	-10,24	96,543	-9,50	99,877	-13,28	127,767	-44,91
414	24,27	49,909	-105,64	75,793	-212,29	-29,796	222,77	19,323	20,38
415	280,85	279,992	0,31	235,813	16,04	259,461	7,62	302,247	-7,62
416	198,21	148,578	25,04	134,833	31,97	199,362	-0,58	186,977	5,67
417	221,83	125,343	43,50	114,76	48,27	176,95	20,23	177,121	20,15
418	26,27	36,371	-38,45	38,04	-44,80	8,442	67,86	53,655	-104,24
419	320,83	287,965	10,24	313,517	2,28	271,602	15,34	330,005	-2,86
420	245,85	263,833	-7,31	220,44	10,34	279,041	-13,50	0,30572	99,88
421	406,13	263,56	35,10	256,073	36,95	245,227	39,62	313,763	22,74
422	72,16	81,779	-13,33	74,67	-3,48	22,513	68,80	92,016	-27,52
423	407,92	303,891	25,50	278,257	31,79	243,65	40,27	339,122	16,87
424	25,42	28,298	-11,32	20,803	18,16	-29,858	217,46	28,086	-10,49
425	72,72	103,017	-41,66	94,56	-30,03	117,46	-61,52	135,899	-86,88
426	318,16	361,219	-13,53	323,67	-1,73	322,341	-1,31	376,922	-18,47
427	95,43	340,649	-256,96	385,36	-303,81	299,018	-213,34	0,38903	99,59
428	45,12	52,998	-17,46	54,073	-19,84	79,974	-77,25	96,735	-114,39
429	42,2	41,992	0,49	47,107	-11,63	10,476	75,18	0,06008	99,86
430	148,91	174,781	-17,37	236,353	-58,72	220,58	-48,13	208,984	-40,34
431	181,3	149,472	17,56	141,513	21,95	164,296	9,38	0,17097	99,91
432	401,25	312,241	22,18	363,337	9,45	296,537	26,10	369,107	8,01
433	109,44	87,452	20,09	90,647	17,17	37,384	65,84	0,112	99,90
434	26,71	101,856	-281,34	88,523	-231,42	109,085	-308,41	0,13039	99,51
435	369,6	398,987	-7,95	474,033	-28,26	308,895	16,42	422,201	-14,23
436	61,63	45,552	26,09	62,77	-1,85	57,219	7,16	0,09201	99,85
437	102,59	144,014	-40,38	142,933	-39,32	155,07	-51,16	139,618	-36,09
438	79,85	90,269	-13,05	99,34	-24,41	39,932	49,99	102,442	-28,29
439	372,8	523,686	-40,47	643,703	-72,67	316,039	15,23	474,228	-27,21
440	308,52	305,556	0,96	298,963	3,10	298,721	3,18	398,366	-29,12
441	70,03	41,823	40,28	40,88	41,63	29,64	57,68	90,438	-29,14
442	564,93	426,065	24,58	383,1	32,19	388,447	31,24	0,51038	99,91
443	276,05	429,482	-55,58	310,767	-12,58	313,549	-13,58	444,745	-61,11
444	106,8	65,999	38,20	80,403	24,72	89,07	16,60	0,11694	99,89
445	175,12	289,151	-65,12	266,963	-52,45	297,337	-69,79	0,3951	99,77
446	210,97	202,832	3,86	194,71	7,71	230,446	-9,23	237,601	-12,62
447	38,25	43,531	-13,81	53,007	-38,58	21,36	44,16	87,133	-127,80
448	227,89	216,767	4,88	174,377	23,48	251,589	-10,40	236,345	-3,71
449	376,75	478,52	-27,01	527,91	-40,12	351,897	6,60	0,49148	99,87
450	99,48	89,579	9,95	119,103	-19,73	68,107	31,54	123,684	-24,33
451	103,04	61,191	40,61	50,45	51,04	71,043	31,05	114,514	-11,14
452	162,26	125,724	22,52	133,833	17,52	78,034	51,91	120,721	25,60
453	116,16	116,433	-0,24	126,663	-9,04	142,129	-22,36	143,163	-23,25
454	866,02	480,603	44,50	466,63	46,12	401,214	53,67	521,399	39,79

455	154,34	301,892	-95,60	273,823	-77,42	275,156	-78,28	310,899	-101,44
456	31,08	178,145	-473,18	192,487	-519,33	239,854	-671,73	220,161	-608,37
457	244,9	187,802	23,31	152,19	37,86	228,916	6,53	247,501	-1,06
458	262,72	202,869	22,78	185,083	29,55	240,603	8,42	235,126	10,50
459	29,41	40,719	-38,45	47,003	-59,82	13,276	54,86	85,852	-191,91
460	76,07	131,813	-73,28	109,787	-44,32	190,102	-149,90	188,073	-147,24
461	107,37	103,588	3,52	143,253	-33,42	204,689	-90,64	189,353	-76,36
462	137,79	55,647	59,61	67,777	50,81	97,699	29,10	116,336	15,57
463	67,34	90,837	-34,89	76,057	-12,94	88,685	-31,70	121,516	-80,45
464	448,21	486,49	-8,54	462,813	-3,26	386,262	13,82	518,339	-15,65
465	156,17	119,229	23,65	122,84	21,34	64,294	58,83	138,168	11,53
466	276,41	195,642	29,22	207,04	25,10	202,78	26,64	198,948	28,02
467	149,83	144,933	3,27	103,477	30,94	187,395	-25,07	198,241	-32,31
468	80,49	123,211	-53,08	103,903	-29,09	82,491	-2,49	125,148	-55,48
469	117,3	174,56	-48,82	165,583	-41,16	166,59	-42,02	161,591	-37,76
470	46,02	130,608	-183,81	131,097	-184,87	120,264	-161,33	132,173	-187,21
471	329,9	329,73	0,05	284,567	13,74	314,921	4,54	418,547	-26,87
472	73,86	72,366	2,02	73,01	1,15	57,098	22,69	116,872	-58,23
473	75,62	131,687	-74,14	129,333	-71,03	192,755	-154,90	184,592	-144,10
474	344,67	384,802	-11,64	540,307	-56,76	308,135	10,60	0,47452	99,86
475	242,17	347,927	-43,67	349,47	-44,31	296,516	-22,44	405,231	-67,33
476	310,65	334,464	-7,67	341,913	-10,06	273,778	11,87	356,236	-14,67
477	550,77	341,112	38,07	418,047	24,10	306,08	44,43	396,913	27,93
478	547,02	297,148	45,68	282,653	48,33	240,522	56,03	298,193	45,49
479	98,69	143,734	-45,64	171,627	-73,91	151,401	-53,41	154,098	-56,14
480	271,97	204,613	24,77	252,073	7,32	222,773	18,09	212,838	21,74
481	496,51	332,368	33,06	390,697	21,31	270,488	45,52	384,417	22,58
482	120,69	131,563	-9,01	141,513	-17,25	170,909	-41,61	167,485	-38,77
483	202,56	219,121	-8,18	218,203	-7,72	239,831	-18,40	239,645	-18,31
484	339,33	313,138	7,72	358,953	-5,78	311,701	8,14	395,218	-16,47
485	228,68	234,277	-2,45	222,483	2,71	245,148	-7,20	247,881	-8,40
486	327,99	281,466	14,18	309,903	5,51	275,539	15,99	329,131	-0,35
487	550,52	538,966	2,10	600,33	-9,05	323,582	41,22	446,777	18,84
488	27,51	28,096	-2,13	35,087	-27,54	3,898	85,83	62,791	-128,25
489	431,36	460,168	-6,68	443,59	-2,84	350,097	18,84	517,255	-19,91
490	151,24	115,677	23,51	133,833	11,51	59,017	60,98	123,526	18,32
491	6,18	171,127	-2669,05	163,657	-2548,17	234,187	-3689,43	0,22107	96,42
492	47,87	62,492	-30,55	68,37	-42,82	98,786	-106,36	0,11965	99,75
493	122,5	76,23	37,77	90,657	25,99	93,416	23,74	0,11952	99,90
494	312,97	380,774	-21,66	448,377	-43,27	341,557	-9,13	483,321	-54,43
495	36,11	203,471	-463,48	221,117	-512,34	210,767	-483,68	216,007	-498,19
496	261,27	302,42	-15,75	285,317	-9,20	303,921	-16,32	0,40197	99,85
497	235,66	188,02	20,22	224,613	4,69	228,337	3,11	248,674	-5,52
498	532,68	317,008	40,49	345,437	35,15	303,636	43,00	415,999	21,90
499	126,72	356,825	-181,59	336,453	-165,51	261,981	-106,74	349,745	-176,00
500	323,12	311,076	3,73	312,713	3,22	345,047	-6,79	455,241	-40,89

501	595,32	545,033	8,45	314,883	47,11	352,345	40,81	514,921	13,51
502	111,5	229,631	-105,95	184,063	-65,08	250,772	-124,91	262,584	-135,50
503	171	172,484	-0,87	185,917	-8,72	149,629	12,50	156,746	8,34
504	128,11	173,397	-35,35	153,4	-19,74	133,825	-4,46	152,344	-18,92
505	260,41	346,12	-32,91	319,933	-22,86	279,874	-7,47	391,498	-50,34
506	38,18	83,456	-118,59	86,933	-127,69	104,698	-174,22	124,143	-225,15
507	86,71	222,495	-156,60	161,69	-86,47	207,316	-139,09	221,791	-155,78
508	375,38	319,191	14,97	309,36	17,59	284,762	24,14	377,145	-0,47
509	594,29	431,125	27,46	514,28	13,46	296,153	50,17	433,178	27,11
510	245,6	216,069	12,02	263,107	-7,13	234,961	4,33	261,884	-6,63
511	393,54	337,899	14,14	297,727	24,35	284,637	27,67	0,38924	99,90
512	327,57	477,615	-45,81	333,74	-1,88	356,786	-8,92	509,847	-55,65
513	304,27	313,115	-2,91	346,277	-13,81	312,605	-2,74	423,147	-39,07
514	120,49	174,533	-44,85	125,603	-4,24	211,238	-75,32	0,19595	99,84
515	384,2	347,365	9,59	316,573	17,60	285,873	25,59	401,561	-4,52
516	248,93	302,765	-21,63	274,98	-10,46	210,47	15,45	0,25259	99,90
517	96,48	62,87	34,84	56,833	41,09	81,891	15,12	109,289	-13,28
518	18,91	48,274	-155,28	68,7	-263,30	41,466	-119,28	105,259	-456,63
519	353,79	376,811	-6,51	429,95	-21,53	295,974	16,34	417,403	-17,98
520	141,63	197,879	-39,72	211,437	-49,29	188,873	-33,36	193,465	-36,60
521	160,8	143,11	11,00	165,583	-2,97	176,595	-9,82	161,204	-0,25
522	140,12	68,9	50,83	81,283	41,99	81,474	41,85	105,253	24,88
523	113,29	123,014	-8,58	98,043	13,46	130,008	-14,76	140,495	-24,01
524	401,14	440,881	-9,91	335,523	16,36	333,201	16,94	0,31538	99,92
525	72,31	192,062	-165,61	163,083	-125,53	217,885	-201,32	174,469	-141,28
526	74,23	92,285	-24,32	97,093	-30,80	66,092	10,96	83,077	-11,92
527	23,46	141,728	-504,13	98,323	-319,11	152,076	-548,24	119,214	-408,16
528	158,58	182,417	-15,03	131,48	17,09	207,487	-30,84	151,756	4,30
529	49,14	158,059	-221,65	159,127	-223,82	161,748	-229,16	127,627	-159,72
530	43,44	26,223	39,63	44,073	-1,46	43,77	-0,76	58,857	-35,49
531	375,92	320,548	14,73	316,91	15,70	292,037	22,31	334,346	11,06
532	261,29	329,11	-25,96	281,88	-7,88	284,993	-9,07	315,437	-20,72
533	29,15	29,019	0,45	32,097	-10,11	-0,898	103,08	0,02076	99,93
534	67,45	73,011	-8,24	69,843	-3,55	81,94	-21,48	94,552	-40,18
535	18,11	24,711	-36,45	25,01	-38,10	41,859	-131,14	23,142	-27,79
536	110,58	107,256	3,01	85,71	22,49	83,724	24,29	93,059	15,84
537	75,19	93,21	-23,97	87,91	-16,92	87,732	-16,68	103,039	-37,04
538	363,47	197,688	45,61	182,657	49,75	246,772	32,11	221,256	39,13
539	173,59	301,326	-73,58	288,02	-65,92	294,278	-69,52	0,35109	99,80
540	142,13	106,004	25,42	100,143	29,54	130,237	8,37	106,966	24,74
541	387,93	315,704	18,62	343,567	11,44	292,605	24,57	357,905	7,74
542	63,5	82,852	-30,48	75,45	-18,82	104,31	-64,27	102,518	-61,45
543	325,64	310,74	4,58	242,91	25,41	261,817	19,60	241,875	25,72
544	296,77	258,438	12,92	260,417	12,25	222,796	24,93	217,997	26,54
545	59,94	38,601	35,60	41,527	30,72	38,997	34,94	0,03642	99,94
546	255,55	211,336	17,30	202	20,95	245,452	3,95	201,122	21,30

547	55,05	174,596	-217,16	117,647	-113,71	218,245	-296,45	176,044	-219,79
548	127,92	220,911	-72,69	180,417	-41,04	264,698	-106,92	231,445	-80,93
549	153,97	139,929	9,12	163,473	-6,17	148,333	3,66	123,949	19,50
550	74,15	74,81	-0,89	92,267	-24,43	60,712	18,12	62,178	16,15
551	126,79	69,939	44,84	64,417	49,19	118,983	6,16	0,08061	99,94
552	436,33	376,857	13,63	353,397	19,01	281,942	35,38	323,187	25,93
553	116,13	119,72	-3,09	119,527	-2,93	84,603	27,15	105,663	9,01
554	179,24	136,554	23,81	131,59	26,58	137,801	23,12	111,635	37,72
555	610,59	285,083	53,31	193,997	68,23	304,016	50,21	355,099	41,84
556	17,8	24,219	-36,06	24,383	-36,98	12,993	27,01	12,344	30,65
557	253,88	198,552	21,79	155,707	38,67	204,205	19,57	178,515	29,69
558	133,58	99,285	25,67	139,36	-4,33	149,161	-11,66	0,11268	99,92
559	63,19	46,345	26,66	45,607	27,83	48,827	22,73	68,694	-8,71
560	526,39	346,39	34,20	431,543	18,02	290,572	44,80	355,129	32,54
561	95,43	76,784	19,54	111,06	-16,38	121,7	-27,53	0,08982	99,91
562	125,14	86,522	30,86	79,197	36,71	124,786	0,28	102,145	18,38
563	207,7	223,846	-7,77	226,36	-8,98	247,605	-19,21	181,909	12,42
564	460,52	445,616	3,24	441,587	4,11	358,421	22,17	0,41516	99,91
565	67,56	59,837	11,43	54,12	19,89	71,064	-5,19	82,354	-21,90
566	191,04	136,323	28,64	153,77	19,51	177,812	6,92	148,183	22,43
567	275,39	334,671	-21,53	325,373	-18,15	322,993	-17,29	367,319	-33,38
568	163,6	132,36	19,10	153,77	6,01	180,862	-10,55	143,675	12,18
569	172,4	154,006	10,67	141,933	17,67	203,94	-18,29	147,204	14,61
570	28,68	24,068	16,08	24,383	14,98	41,089	-43,27	17,259	39,82
571	166,66	95,861	42,48	94,373	43,37	153,392	7,96	116,472	30,11
572	47,79	33,643	29,60	29,74	37,77	34,339	28,15	22,947	51,98
573	341,03	333,58	2,18	348,28	-2,13	287,285	15,76	304,663	10,66
574	87,61	97,679	-11,49	73,47	16,14	0,996	98,86	44,272	49,47
575	633,75	430,748	32,03	425,197	32,91	338,514	46,59	426,766	32,66
576	151,05	287,023	-90,02	285,503	-89,01	227,804	-50,81	218,089	-44,38
577	166,24	283,446	-70,50	254,103	-52,85	271,684	-63,43	258,569	-55,54
578	191,89	216,326	-12,73	248,903	-29,71	249,107	-29,82	194,819	-1,53
579	20,25	24,255	-19,78	24,227	-19,64	31,258	-54,36	16,857	16,76
580	307,02	234,336	23,67	211,923	30,97	241,439	21,36	238,792	22,22
581	432,98	354,551	18,11	359,067	17,07	351,23	18,88	343,537	20,66
582	72,1	77,712	-7,78	94,497	-31,06	88,726	-23,06	0,094	99,87
583	222,08	281,942	-26,96	287,237	-29,34	240,819	-8,44	245,027	-10,33
584	45,13	44,186	2,09	48,617	-7,73	57,027	-26,36	29,552	34,52
585	229,23	250,186	-9,14	187,597	18,16	250,973	-9,49	0,24561	99,89
586	351,22	362,079	-3,09	265,463	24,42	336,615	4,16	378,156	-7,67
587	303,77	288,465	5,04	281,967	7,18	304,466	-0,23	264,927	12,79
588	58,79	62,891	-6,98	55,663	5,32	145,49	-147,47	63,667	-8,30
589	222,52	241,286	-8,43	145,723	34,51	230,572	-3,62	220,799	0,77
590	157,73	98,245	37,71	130,383	17,34	122,088	22,60	94,655	39,99
591	331,67	286,071	13,75	196,833	40,65	274,551	17,22	291,254	12,19
592	180,77	171,189	5,30	183,983	-1,78	238,869	-32,14	201,773	-11,62

593	109,65	80,815	26,30	66,227	39,60	71,553	34,74	0,09268	99,92
594	17	161,259	-848,58	176,543	-938,49	186,211	-995,36	139,726	-721,92
595	380,94	282,322	25,89	307,507	19,28	287,146	24,62	299,716	21,32
596	279,42	226,212	19,04	241,55	13,55	276,261	1,13	215,522	22,87
597	323,91	309,859	4,34	332,413	-2,63	311,126	3,95	297,903	8,03
598	197,65	206,833	-4,65	225,917	-14,30	224,324	-13,50	167,495	15,26
599	163,58	222,762	-36,18	215,31	-31,62	235,966	-44,25	0,20811	99,87
600	333,4	404,633	-21,37	385,557	-15,64	333,673	-0,08	324,184	2,76
601	143,97	99,8	30,68	139,36	3,20	145,97	-1,39	111,993	22,21
602	179,68	121,52	32,37	144,697	19,47	145,343	19,11	110,815	38,33
603	485,39	385,331	20,61	404,713	16,62	316,441	34,81	375,278	22,69
604	72,78	65,051	10,62	45,657	37,27	53,021	27,15	80,998	-11,29
605	327,46	267,916	18,18	279,21	14,73	253,244	22,66	248,785	24,03
606	522,27	503,424	3,61	446,03	14,60	385,818	26,13	469,802	10,05
607	164,7	61,166	62,86	73,453	55,40	91,022	44,73	55,517	66,29
608	50,08	34,232	31,65	29,143	41,81	-37,827	175,53	33,237	33,63
609	338,7	362,607	-7,06	364,097	-7,50	281,329	16,94	0,34532	99,90
610	159,59	119,463	25,14	108,953	31,73	69,213	56,63	97,884	38,67
611	188,66	173,861	7,84	159,363	15,53	239,529	-26,96	205,637	-9,00
612	208	256,148	-23,15	275,12	-32,27	262,654	-26,28	230,768	-10,95
613	315,44	309,888	1,76	382,497	-21,26	323,808	-2,65	371,559	-17,79
614	187,83	194,268	-3,43	187,73	0,05	253,529	-34,98	172,077	8,39
615	156,09	120,92	22,53	113,353	27,38	154,563	0,98	121,388	22,23
616	126,92	290,245	-128,68	201,88	-59,06	275,696	-117,22	251,824	-98,41
617	260,38	257,998	0,91	281,907	-8,27	256,061	1,66	272,619	-4,70
618	475,93	334,099	29,80	374,853	21,24	338,982	28,77	418,083	12,15
619	120,29	128,265	-6,63	125,67	-4,47	134,673	-11,96	117,862	2,02
620	71,54	88,316	-23,45	113,713	-58,95	83,241	-16,36	104,486	-46,05
621	531,94	385,118	27,60	235,677	55,69	356,504	32,98	0,42579	99,92
622	124,32	175,28	-40,99	210,277	-69,14	233,28	-87,64	185,716	-49,39
623	428,81	271,707	36,64	241,257	43,74	266,405	37,87	269,347	37,19
624	52,5	68,266	-30,03	130,35	-148,29	177,752	-238,58	121,886	-132,16
625	27,94	29,559	-5,79	31,597	-13,09	7,976	71,45	30,834	-10,36
626	236,01	400,711	-69,79	298,207	-26,35	332,764	-41,00	338,912	-43,60
627	70,83	75,931	-7,20	47,15	33,43	85,391	-20,56	65,881	6,99
628	79,85	85,071	-6,54	80,507	-0,82	54,649	31,56	0,05496	99,93
629	364,05	417,589	-14,71	385,093	-5,78	354,856	2,53	433,915	-19,19
630	82,46	69,034	16,28	69,75	15,41	104,277	-26,46	91,172	-10,57
631	289,95	347,603	-19,88	387,953	-33,80	302,859	-4,45	371,431	-28,10
632	47,04	36,913	21,53	36,207	23,03	9,846	79,07	50,312	-6,96
633	598,57	474,762	20,68	376,56	37,09	391,863	34,53	465,873	22,17
634	61,43	76,117	-23,91	75,2	-22,42	159,193	-159,15	0,10809	99,82
635	58,82	92,915	-57,96	110,68	-88,17	126,05	-114,30	103,736	-76,36
636	69,8	51,421	26,33	55,357	20,69	83,356	-19,42	63,656	8,80
637	91,35	157,036	-71,91	190,467	-108,50	164,294	-79,85	129,979	-42,29
638	53,18	125,724	-136,41	160,303	-201,43	142,532	-168,02	117,453	-120,86

639	95,58	161,214	-68,67	236,21	-147,13	162,922	-70,46	134,517	-40,74
640	520,13	546,347	-5,04	372,17	28,45	363,89	30,04	453,117	12,88
641	53,03	60,463	-14,02	67,51	-27,31	39,088	26,29	24,146	54,47
642	26,27	74,066	-181,94	72,867	-177,38	89,684	-241,39	94,707	-260,51
643	170,45	128,592	24,56	148,597	12,82	137,284	19,46	121,087	28,96
644	344,49	291,091	15,50	367,933	-6,81	246,458	28,46	258,674	24,91
645	399,24	342,325	14,26	343,567	13,94	277,944	30,38	359,918	9,85
646	40,66	42,365	-4,19	36,35	10,60	41,063	-0,99	0,07183	99,82
647	289,96	363,409	-25,33	454,213	-56,65	299,286	-3,22	355,701	-22,67
648	270,9	235,588	13,04	238,113	12,10	231,646	14,49	223,625	17,45
649	367,05	432,715	-17,89	239,103	34,86	387,849	-5,67	443,682	-20,88
650	16,48	46,269	-180,76	58,73	-256,37	37,43	-127,12	61,291	-271,91
651	298,01	346,916	-16,41	295,777	0,75	309,845	-3,97	359,236	-20,54
652	28,86	45,952	-59,22	62,427	-116,31	45,486	-57,61	0,06043	99,79
653	579,31	424,809	26,67	478,04	17,48	306,995	47,01	388,261	32,98
654	46,22	48,872	-5,74	50,483	-9,22	49,813	-7,77	79,886	-72,84
655	339,45	345,145	-1,68	336,477	0,88	291,058	14,26	359,044	-5,77
656	597,37	415,777	30,40	429,413	28,12	322,982	45,93	388,218	35,01
657	49,11	126,819	-158,23	124,053	-152,60	132,933	-170,68	114,573	-133,30
658	274,26	295,305	-7,67	238,307	13,11	302,695	-10,37	271,507	1,00
659	278,38	221,681	20,37	244,247	12,26	194,302	30,20	171,131	38,53
660	361,13	328,385	9,07	366,847	-1,58	325,754	9,80	303,586	15,93
661	199,47	287,864	-44,31	420,793	-110,96	324,951	-62,91	381,794	-91,40
662	90,29	125,968	-39,51	135,08	-49,61	174,871	-93,68	121,528	-34,60
663	79,37	108,818	-37,10	148,767	-87,43	138,232	-74,16	110,402	-39,10
664	271,48	289,072	-6,48	303,897	-11,94	274,737	-1,20	265,321	2,27
665	603,78	449,938	25,48	541,243	10,36	355,016	41,20	437,259	27,58
666	264,91	321,324	-21,30	365,837	-38,10	344,07	-29,88	359,301	-35,63
667	109,61	96,175	12,26	109,347	0,24	88,127	19,60	91,022	16,96
668	322,6	312,078	3,26	322,117	0,15	309,049	4,20	372,899	-15,59
669	87,13	171,334	-96,64	149,873	-72,01	179,828	-106,39	136,881	-57,10
670	295,88	324,398	-9,64	288,947	2,34	334,601	-13,09	385,119	-30,16
671	307,4	253,653	17,48	256,453	16,57	274,541	10,69	0,26896	99,91
672	43,5	205,354	-372,08	242,513	-457,50	240,618	-453,14	220,072	-405,91
673	56,81	148,642	-161,65	70,857	-24,73	183,306	-222,67	0,13915	99,76
674	249,22	270,945	-8,72	136,557	45,21	289,809	-16,29	286,258	-14,86
675	96,7	122,339	-26,51	112,39	-16,23	133,791	-38,36	108,719	-12,43
676	316,05	352,796	-11,63	394,36	-24,78	331,973	-5,04	393,619	-24,54
677	90,18	107,643	-19,36	111,043	-23,13	172,283	-91,04	118,972	-31,93
678	286,29	293,879	-2,65	338,807	-18,34	295,943	-3,37	321,834	-12,42
679	44,52	74,174	-66,61	59,657	-34,00	67,103	-50,73	44,483	0,08
680	162,2	442,96	-173,09	348,717	-114,99	341,068	-110,28	437,183	-169,53
681	247,48	316,097	-27,73	321,487	-29,90	218,611	11,67	242,031	2,20
682	51,51	48,959	4,95	46,493	9,74	54,485	-5,78	66,689	-29,47
683	103,75	93,435	9,94	101,087	2,57	85,434	17,65	85,678	17,42
684	124,5	113,784	8,61	99,313	20,23	109,775	11,83	104,393	16,15

685	97,01	171,612	-76,90	98,523	-1,56	173,985	-79,35	130,654	-34,68
686	182,28	226,711	-24,38	201,673	-10,64	269,318	-47,75	274,197	-50,43
687	434,27	497,73	-14,61	613,943	-41,37	425,658	1,98	462,665	-6,54
688	337,51	332,625	1,45	295,777	12,36	290,842	13,83	340,215	-0,80
689	77,02	79,972	-3,83	75,913	1,44	59,012	23,38	57,138	25,81
690	141,36	208,624	-47,58	191,233	-35,28	244,231	-72,77	246,154	-74,13
691	123,93	144,364	-16,49	151,92	-22,59	180,718	-45,82	137,719	-11,13
692	214,76	209,055	2,66	272,167	-26,73	242,828	-13,07	227,283	-5,83
693	51,37	84,023	-63,56	78,233	-52,29	73,982	-44,02	87,265	-69,88
694	170,04	207,452	-22,00	169,683	0,21	180,617	-6,22	0,14197	99,92
695	388,08	420,36	-8,32	431,28	-11,13	308,074	20,62	374,902	3,40
696	118,54	112,191	5,36	198,997	-67,87	144,892	-22,23	119,602	-0,90
697	171,14	186,092	-8,74	116,497	31,93	203,05	-18,65	182,164	-6,44
698	213,53	234,671	-9,90	245,813	-15,12	228,935	-7,21	274,173	-28,40
699	342,69	375,217	-9,49	347,727	-1,47	284,755	16,91	386,235	-12,71
700	137,66	121,709	11,59	158,44	-15,10	160,604	-16,67	159,342	-15,75
701	269,71	275,578	-2,18	261,68	2,98	283,958	-5,28	346,669	-28,53
702	266,86	219,18	17,87	322,627	-20,90	227,948	14,58	250,195	6,24
703	305,12	277,702	8,99	224,987	26,26	281,619	7,70	300,271	1,59
704	61,05	65,042	-6,54	38,36	37,17	47,017	22,99	98,863	-61,94
705	333,16	338,89	-1,72	347,557	-4,32	331,466	0,51	419,375	-25,88
706	349,47	334,322	4,33	314,903	9,89	302,997	13,30	0,38285	99,89
707	290,11	325,494	-12,20	293,64	-1,22	330,005	-13,75	400,275	-37,97
708	741,04	475,231	35,87	493,167	33,45	354,384	52,18	453,554	38,79
709	182,4	178,475	2,15	174,91	4,11	242,571	-32,99	156,699	14,09
710	212,96	175,578	17,55	163,87	23,05	141,878	33,38	171,764	19,34
711	386,95	340,963	11,88	308,513	20,27	294,178	23,98	354,621	8,35
712	364,14	353,783	2,84	353,513	2,92	348,624	4,26	395,158	-8,52
713	128,66	309,985	-140,93	276,82	-115,16	297,104	-130,92	359,734	-179,60
714	71,38	65,539	8,18	62,59	12,31	139,44	-95,35	134,885	-88,97
715	43,57	33,803	22,42	29,5	32,29	30,957	28,95	76,597	-75,80
716	428,25	418,761	2,22	422,623	1,31	355,684	16,94	429,668	-0,33
717	132,08	119,546	9,49	115,54	12,52	110,262	16,52	142,377	-7,80
718	80,13	65,942	17,71	66,18	17,41	44,183	44,86	102,528	-27,95
719	312,92	388,026	-24,00	457,667	-46,26	312,065	0,27	394,577	-26,10
720	46,18	142,732	-209,08	157,2	-240,41	154,972	-235,58	160,081	-246,65
721	115,24	77,917	32,39	83,197	27,81	-7,569	106,57	78,621	31,78
722	31,76	37,264	-17,33	22,41	29,44	80,5	-153,46	41,573	-30,90
723	404,78	525,268	-29,77	503,373	-24,36	387,458	4,28	476,687	-17,76
724	222,28	198,713	10,60	148,963	32,98	258,672	-16,37	286,654	-28,96
725	132,71	164,381	-23,86	257,2	-93,81	229,019	-72,57	252,853	-90,53
726	79,75	75,256	5,64	89,71	-12,49	37,628	52,82	0,10397	99,87
727	325,68	346,352	-6,35	415,653	-27,63	325,388	0,09	416,829	-27,99
728	270,41	299,972	-10,93	278,563	-3,02	290,398	-7,39	383,532	-41,83
729	69,14	51,959	24,85	47,34	31,53	-7,732	111,18	64,844	6,21
730	267,91	357,335	-33,38	293,64	-9,60	325,454	-21,48	395,899	-47,77

731	72,32	98,078	-35,62	59,093	18,29	178,568	-146,91	165,205	-128,44
732	137,89	150,122	-8,87	183,123	-32,80	121,208	12,10	157,787	-14,43
733	497,62	413,281	16,95	471,62	5,22	365,117	26,63	469,311	5,69
734	504,43	170,564	66,19	217,423	56,90	261,021	48,25	193,908	61,56
735	203,62	213,898	-5,05	200,403	1,58	210,785	-3,52	234,007	-14,92
736	232,39	421,919	-81,56	366,763	-57,82	356,8	-53,54	435,645	-87,46
737	63,14	90,814	-43,83	86,953	-37,71	122,329	-93,74	141,927	-124,78
738	416,84	391,974	5,97	394,55	5,35	347,036	16,75	443,891	-6,49
739	237,06	379,259	-59,98	354,147	-49,39	297,539	-25,51	325,242	-37,20
740	100,52	146,462	-45,70	102,877	-2,34	217,951	-116,82	218,291	-117,16
741	173,96	185,748	-6,78	144	17,22	220,78	-26,91	227,736	-30,91
742	116,2	131,3	-12,99	97,967	15,69	114,583	1,39	150,794	-29,77
743	439,88	408,33	7,17	310,617	29,39	357,112	18,82	404,678	8,00
744	303,09	261,038	13,87	275,923	8,96	286,733	5,40	331,038	-9,22
745	277,9	412,542	-48,45	322,617	-16,09	328,334	-18,15	379,502	-36,56
746	292,36	276,479	5,43	305,557	-4,51	245,955	15,87	314,721	-7,65
747	16,36	23,135	-41,41	21,327	-30,36	55,104	-236,82	22,628	-38,31
748	111,42	64,935	41,72	74,133	33,47	68,538	38,49	0,12566	99,89
749	122,1	162,64	-33,20	109,907	9,99	153,673	-25,86	159,352	-30,51
750	220,03	244,274	-11,02	242,097	-10,03	284,532	-29,32	283,242	-28,73
751	302,72	390,603	-29,03	308,513	-1,91	301,852	0,29	361,901	-19,55
752	72,88	121,074	-66,13	155,573	-113,46	165,32	-126,84	0,15983	99,78
753	59,21	101,938	-72,16	77,72	-31,26	114,693	-93,71	0,14197	99,76
754	90,5	65,568	27,55	56,01	38,11	49,073	45,78	101,732	-12,41
755	60,07	71,359	-18,79	57,84	3,71	31,591	47,41	115,873	-92,90
756	199,7	409,135	-104,87	405,643	-103,13	316,778	-58,63	344,242	-72,38
757	370,72	330,984	10,72	333,813	9,96	335,052	9,62	392,872	-5,98
758	31,15	34,919	-12,10	37,97	-21,89	15,542	50,11	89,667	-187,86
759	33,24	71,188	-114,16	71,83	-116,10	59,899	-80,20	130,641	-293,02
760	164,73	444,702	-169,96	396,493	-140,69	356,376	-116,34	446,972	-171,34
761	278,7	278,808	-0,04	286,86	-2,93	284,561	-2,10	332,084	-19,15
762	263,33	376,652	-43,03	353,863	-34,38	312,469	-18,66	383,863	-45,77
763	119,32	65,927	44,75	84,347	29,31	109,67	8,09	0,1328	99,89
764	257,94	307,665	-19,28	286,603	-11,11	326,309	-26,51	333,126	-29,15
765	376,01	242,772	35,43	230,66	38,66	277,184	26,28	303,924	19,17
766	94,12	193,779	-105,89	170,657	-81,32	256,01	-172,00	228,216	-142,47
767	51,88	46,983	9,44	48,493	6,53	54,744	-5,52	92,962	-79,19
768	91,09	107,432	-17,94	77,993	14,38	95,279	-4,60	116,194	-27,56
769	73,29	91,439	-24,76	98,507	-34,41	120,018	-63,76	119,719	-63,35
770	201,53	296,361	-47,06	320,55	-59,06	258,376	-28,21	294,624	-46,19
771	167,1	236,032	-41,25	153,28	8,27	208,475	-24,76	261,334	-56,39
772	550,61	560,516	-1,80	662,287	-20,28	446,389	18,93	504,131	8,44
773	324,73	275,386	15,20	304,683	6,17	265,066	18,37	334,116	-2,89
774	664,54	322,725	51,44	292,733	55,95	318,483	52,07	0,29181	99,96
775	151,88	176,356	-16,12	163,643	-7,74	115,227	24,13	157,513	-3,71
776	20,83	42,531	-104,18	37,873	-81,82	7,071	66,05	90,233	-333,19

777	99,01	156,329	-57,89	165,42	-67,07	225,66	-127,92	220,327	-122,53
778	484,06	384,337	20,60	380,123	21,47	344,573	28,82	355,068	26,65
779	84,58	186,123	-120,06	159,92	-89,08	245,226	-189,93	221,807	-162,25
780	144,86	81,331	43,86	123,727	14,59	83,525	42,34	121,155	16,36
781	79,93	114,254	-42,94	138,317	-73,05	145,084	-81,51	149,488	-87,02
782	209,76	305,634	-45,71	308,947	-47,29	345,033	-64,49	333,678	-59,08
783	583,12	474,371	18,65	434,17	25,54	383,949	34,16	471,753	19,10
784	311,4	216,668	30,42	256,38	17,67	232,025	25,49	259,959	16,52
785	93,98	114,646	-21,99	95,717	-1,85	82,527	12,19	143,231	-52,41
786	141,87	154,926	-9,20	157,3	-10,88	142,825	-0,67	154,628	-8,99
787	51,74	68,574	-32,54	69,873	-35,05	152,24	-194,24	123,801	-139,28
788	190,29	384,475	-102,05	525,363	-176,09	299,321	-57,30	391,429	-105,70
789	91,28	70,894	22,33	55,97	38,68	132,681	-45,36	135,581	-48,53
790	237,2	176,128	25,75	222,67	6,13	235,923	0,54	226,555	4,49
791	247,63	317,851	-28,36	282,34	-14,02	256,946	-3,76	322,076	-30,06
792	101,32	113,847	-12,36	96,853	4,41	67,637	33,24	135,465	-33,70
793	136,92	85,96	37,22	86,633	36,73	137,12	-0,15	0,13611	99,90
794	657,96	467,916	28,88	581,55	11,61	403,823	38,62	438,279	33,39
795	126,67	196,86	-55,41	143,89	-13,59	221,925	-75,20	217,666	-71,84
796	195,57	190,757	2,46	215,837	-10,36	235,403	-20,37	216,141	-10,52
797	381,63	401,805	-5,29	501,327	-31,36	330,173	13,48	427,544	-12,03
798	37,89	104,708	-176,35	58,577	-54,60	104,013	-174,51	137,649	-263,29
799	30,99	59,125	-90,79	44,35	-43,11	109,732	-254,09	126,013	-306,62
800	189,63	190,118	-0,26	175,673	7,36	263,005	-38,69	178,415	5,91
801	117,28	117,563	-0,24	143,35	-22,23	211,497	-80,34	0,18581	99,84
802	81,29	95,535	-17,52	80,453	1,03	188,012	-131,29	156,044	-91,96
803	140,44	275,46	-96,14	246,12	-75,25	265,514	-89,06	328,744	-134,08
804	55,5	63,366	-14,17	52,13	6,07	72,649	-30,90	0,09795	99,82
805	438,27	510,12	-16,39	440,883	-0,60	387,257	11,64	490,415	-11,90
806	151,86	116,303	23,41	104,657	31,08	152,906	-0,69	156,015	-2,74
807	61,56	68,104	-10,63	74,133	-20,42	63,213	-2,69	114,992	-86,80
808	126,78	281,965	-122,40	311,4	-145,62	252,949	-99,52	306,878	-142,06
809	158,18	259,405	-63,99	227,383	-43,75	234,752	-48,41	0,25777	99,84
810	70,1	82,839	-18,17	96,16	-37,18	88,455	-26,18	131,286	-87,28
811	295,81	354,013	-19,68	310,8	-5,07	313,115	-5,85	355,612	-20,22
812	221,41	235,234	-6,24	226,587	-2,34	252,997	-14,27	0,20521	99,91
813	98,93	116,242	-17,50	157,3	-59,00	133,451	-34,89	139,969	-41,48
814	290,74	338,193	-16,32	279,963	3,71	332,133	-14,24	344,889	-18,62
815	40,16	88,021	-119,18	75,28	-87,45	59,303	-47,67	112,151	-179,26
816	157,14	116,187	26,06	173,157	-10,19	175,279	-11,54	160,199	-1,95
817	141,49	54,693	61,34	30,477	78,46	115,582	18,31	123,959	12,39
818	294,12	414,092	-40,79	256,59	12,76	331,972	-12,87	367,482	-24,94
819	280,3	187,569	33,08	214,953	23,31	204,485	27,05	191,708	31,61
820	127,07	148,588	-16,93	155,707	-22,54	220,307	-73,37	0,14118	99,89
821	255,14	204,829	19,72	201,357	21,08	211,948	16,93	233,431	8,51
822	206,3	125,711	39,06	124,51	39,65	141,953	31,19	159,705	22,59

823	517,67	499,509	3,51	448,197	13,42	356,432	31,15	432,453	16,46
824	102,51	79,413	22,53	42,523	58,52	107,802	-5,16	119,944	-17,01
825	74,07	116,272	-56,98	126,54	-70,84	155,308	-109,68	152,689	-106,14
826	610,76	445,421	27,07	500,877	17,99	320,001	47,61	402,588	34,08
827	60,46	75,953	-25,63	61,933	-2,44	106,735	-76,54	126,039	-108,47
828	325,24	355,657	-9,35	294,12	9,57	297,396	8,56	394,936	-21,43
829	140,2	129,995	7,28	194,213	-38,53	133,857	4,52	157,467	-12,32
830	151,83	152,066	-0,16	155,437	-2,38	188,925	-24,43	190,896	-25,73
831	137,63	155,827	-13,22	141,473	-2,79	177,034	-28,63	171,292	-24,46
832	180,56	246,827	-36,70	252,117	-39,63	278,54	-54,26	316,293	-75,17
833	250,28	136,522	45,45	193,127	22,84	155,817	37,74	166,919	33,31
834	108,91	253,137	-132,43	259,18	-137,98	259,545	-138,31	275,284	-152,76
835	180,55	159,163	11,85	205,697	-13,93	124,977	30,78	0,15822	99,91
836	288,31	230,352	20,10	235,33	18,38	229,972	20,23	0,2847	99,90
837	167,51	227,563	-35,85	243,093	-45,12	268,345	-60,20	0,239	99,86
838	26,48	76,489	-188,86	93,993	-254,96	91,402	-245,17	119,048	-349,58
839	25,86	23,706	8,33	23,57	8,86	37,908	-46,59	53,351	-106,31
840	44,46	89,052	-100,30	83,777	-88,43	130,908	-194,44	0,13053	99,71
841	114,55	143,557	-25,32	141,273	-23,33	192,964	-68,45	201,971	-76,32
842	141,17	144,558	-2,40	157,697	-11,71	58,499	58,56	126,043	10,72
843	90,89	98,306	-8,16	103,253	-13,60	91,015	-0,14	133,364	-46,73
844	123,29	111,997	9,16	113,283	8,12	108,951	11,63	147,596	-19,71
845	87,68	97,368	-11,05	116,657	-33,05	97,31	-10,98	130,617	-48,97
846	165,12	98,423	40,39	98,7	40,23	74,342	54,98	135,081	18,19
847	196,63	172,429	12,31	119,823	39,06	96,872	50,73	148,744	24,35
848	152,05	202,993	-33,50	199,657	-31,31	264,474	-73,94	220,741	-45,18
849	252,37	320,993	-27,19	258,357	-2,37	276,11	-9,41	332,187	-31,63
850	239,73	122,59	48,86	90,707	62,16	219,347	8,50	215,177	10,24
851	296,27	419,46	-41,58	301,83	-1,88	320,2	-8,08	0,39511	99,87
852	105,83	54,163	48,82	51,577	51,26	35,947	66,03	109,024	-3,02
853	49,66	115,14	-131,86	111,523	-124,57	114,195	-129,95	144,477	-190,93
854	439,68	471,858	-7,32	404,3	8,05	353,433	19,62	450,697	-2,51
855	265,12	319,512	-20,52	358,07	-35,06	313,561	-18,27	383,823	-44,77
856	253,53	191,276	24,55	219,63	13,37	189,516	25,25	201,345	20,58
857	270,11	341,329	-26,37	319,207	-18,18	339,305	-25,62	357,323	-32,29
858	63,79	97,2	-52,37	61,23	4,01	70,728	-10,88	115,512	-81,08
859	306,11	352,035	-15,00	320,847	-4,81	322,396	-5,32	0,39695	99,87
860	637,67	333,543	47,69	369,943	41,99	400,56	37,18	341,734	46,41
861	118,38	143,772	-21,45	105,263	11,08	248,191	-109,66	233,358	-97,13
862	197,81	158,637	19,80	165,7	16,23	175,331	11,36	174,328	11,87
863	272,44	387,607	-42,27	338,48	-24,24	306,885	-12,64	378,821	-39,05
864	217,28	195,809	9,88	228,317	-5,08	240,372	-10,63	241,516	-11,15
865	186,61	240,565	-28,91	166,457	10,80	231,275	-23,93	248,398	-33,11
866	350,85	378,442	-7,86	424,707	-21,05	306,713	12,58	382,386	-8,99
867	137,7	110,72	19,59	160,12	-16,28	199,045	-44,55	0,1799	99,87
868	320,23	393,14	-22,77	382,813	-19,54	354,165	-10,60	431,526	-34,76

869	179,56	166,877	7,06	200,607	-11,72	139,69	22,20	165,501	7,83
870	243,29	179,006	26,42	174,32	28,35	220,805	9,24	242,085	0,50
871	26,33	23,508	10,72	24,267	7,84	30,21	-14,74	44,596	-69,37



Ek 2. ÖZGEÇMİŞ

