ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARINA GÖRE YONCA (*Medicago sativa*) BİTKİSİ VERİMİNDE OLASI DEĞİŞİKLİKLER

Muhammet Ali PEKİN

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2021

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ PROJEKSİYONLARINA GÖRE YONCA (*Medicago sativa*) BİTKİSİ VERİMİNDE OLASI DEĞİŞİKLİKLER

Muhammet Ali PEKİN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ

Bu çalışmada, (*Medicago sativa*) bitkisi yeşil ot verimi ile klimatolojik faktörler arasındaki ilişki incelenerek, farklı iklim değişikliği senaryolarına göre verimdeki olası değişikliklerin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yonca yetiştiriciliği yapılan 79 il çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Çalışmada yonca verim değişimi, HADGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları sonuçlarından yapay sinir ağı yöntemiyle tahmin edilmiştir. 2020-2060 ve 2060-2100 dönemi yonca verimi öngörüsü referans dönemi (1971-2000) ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak yonca bitkisinin iklim değişikliğine direnç gösterebileceği; veriminin yağış artışı olması beklenen bölgelerde artacağı, yağış azalışı olan yerlerde ise düşeceği anlaşılmaktadır. İklim değişikliği sonucu; en fazla verim artışının Doğu Anadolu bölgesi illerinden Artvin (%6) ilinde, en fazla verim düşüşünün ise Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinde Siirt (%9) ilinde olacağı öngörülmüştür.

Ocak 2021, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yonca tarımı, iklim, iklim değişikliği, yapay sinir ağı

ABSTRACT

Master Thesis

POSSIBLE CHANGES IN YIELD OF ALFALFA (*Medicago sativa*) ACCORDING TO CLIMATE CHANGE PROJECTIONS

Muhammet Ali PEKİN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agronomy

Supervisor: Prof. Dr. Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ

In this study, it is aimed to predict possible changes in yield according to different climate change scenarios by examining the relationship between green grass yield of alfalfa (*Medicago sativa*) and climatological factors. 79 provinces with alfalfa cultivation were included in the study. In the study, alfalfa yield change was estimated by using the artificial neural network method from the results of the HADGEM2-ES model RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The alfalfa yield changes were predicted for the period 2020-2060 and 2060-2100 and compared with the reference period (1971-2000). As a result, it is understood that the alfalfa plant can resist climate change, its yield will increase in regions where there will be an increase in rainfall, and its yield will decrease in regions where there will be a decrease in precipitation. As result of climate change It is predicted that the highest yield increase will be in Artvin (6%) which a provinces of the Eastern Anatolia region and the highest yield decrease will be in Siirt (9%) which a provinces of the Southeastern Anatolia region.

January 2021, 69 pages

Key Words: Alfalfa cultivation, climate, climate change, arctificial neural network

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni yönlendiren, çalışmalarımın her aşamasında derin bilgilerinden yararlandığım saygı değerdanışman hocam sayın Prof. Dr. Nurdan ŞAHİN DEMİRBAĞ'a (Ankara Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı), tezin şekillenmesinde çok büyük katkısı olan kıymetli hocam Prof. Dr. Halit APAYDIN'a (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı) ve çok kıymetli katkılarından dolayı saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Cengiz SANCAK (Ankara Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı) ve Dr. Öğr Üyesi İsmail DEMİR'e (Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Tarla Bitkileri Anabilim Dalı), meteorolojik verilerin elde edilmesi ve değerlendirilmesi konularında destek olan kıymetli çalışma arkadaşlarım Osman ESKİOĞLU, Dr. Hüdaverdi GÜRKAN, Dr. Kahraman OĞUZ ve Mithat EKİCİ'ye (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) ve her anımda yanımda desteğini gördüğüm bu çalışmada da imla konusunda bana yardımcı olan sevgili eşim Şengül PEKİN'e (Türk Dili ve Edebiyat Öğretmeni) teşekkür ederim.

Muhammet Ali PEKİN
Ankara, Ocak 2021

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI SAYFASI

ETİK ..... **i**

ÖZET ..... **ii**

ABSTRACT ..... **iii**

TEŞEKKÜR ..... **iv**

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ÖZETLERİ **6**

3. MATERYAL ve YÖNTEM **10**

3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler **10**

3.1.1 Klimatolojik veriler **12**

3.1.2 Toprak verileri **16**

3.1.3 TUİK verileri **17**

3.1.4 İklim projeksiyonu verileri **18**

3.2 Yöntem **21**

3.2.1 Korelasyon analizi **22**

3.2.2 Yapay sinir ağı **22**

3.2.3 Belirtme katsayısı **27**

3.2.4 Nash-Sutcliff katsayısı **27**

3.2.5 Ortalama mutlak yüzde hata **28**

3.2.6 Ortalama mutlak hata **28**

3.2.7 Ortalama hata karelerinin kare kökü **28**

3.3 Kullanılan Yazılımlar **29**

4. BULGULAR 30

4.1 Korelasyon Analizi Bulguları 30

4.2 YSA Modeli Bulguları 31

4.3 YSA Modeli ile Yonca Verimi Projeksiyonları 41

5.TARTIŞMA ve SONUÇ 56

KAYNAKLAR 61

EK: YSA modelleme Python kodu 67

ÖZGEÇMİŞ 69

SİMGELER ve KISALMALAR DİZİNİ

Simgeler

cm	Santimetre
°C	Santigrat (Celcius) Derece
C_3	C_3Karbon tutum mekanizması
CO_2	Karbondioksit
ha	Hektar
km	Kilometre
kg/da	Kilogram / Dekar
kg/dm³	Kilogram / Desi Metre Küp
kg/m²	Kilogram / Metre Kare
m	Metre
mm	Milimetre
pH	Hidrojenin Gücü
ppm	Milyonda Bir Birim
r	Korelasyon
r^2	Belirtme Katsayısı
W/m^2	Watt/Metrekare
%	Yüzde

Kısaltmalar

Adam	Bir YSA Optime Edicisi
ARIMA	Bütünleşik Otoregresif Hareketli Ortalama
CLM	Community Land Model
GFDL-ESM2M	Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuarı tarafından geliştirilen küresel iklim modeli
HadGEM2-ES	İngiltere Meteoroloji Servisi'ne bağlı Hadley Merkezi tarafından geliştirilen küresel iklim modeli
HWSD v1.2	Harmonazid World Soil Database Version 1.2
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
LR	Öğrenme Oranı
OMH	Ortalama Mutlak Hata
OMYH	Ortalama Mutlak Yüzde Hata
MetOffice	İngiltere Meteoroloji Servisi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPI-ESM-MR	Max Planck Enstitüsü tarafından geliştirilen küresel iklim modeli
Nadam	Bir YSA Optime Edicisi
NASA	Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NCL	NCAR Programlama Dili
NetCDF	Network Common Data Form
NS	Nash-Sutcliff Katsayısı
RCP4.5	Radyatif zorlamanın 4,5 W/m2'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası

RCP6.0	Radyatif zorlamanın 6 W/m2'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
RCP8.5	Radyatif zorlamanın 8,5 W/m2'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
RCP3-PD	Radyatif zorlamanın 3 W/m2'ye çıkmasını senaryo eden Temsili Konsantrasyon Rotası
RegCM4.3.4	Bölgesel İklim Modeli 4.3.4 Sürümü
ReLU	Rectified Linear Unit Aktivasyon Fonksiyonu
OHKK	Ortalama Hata Karelerinin Karekökü
Rmsprop	Bir YSA optime edicisi
RHWSD v1.2	Regrided Harmonazid World Soil Database Version 1.2
ROS	Rastgele Orman Sınıflandırıcı
Softmax	Softmax Aktivasyon Fonksiyonu
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü
WOFOST	Bir Bitki Büyüme Modeli
YSA	Yapay Sinir Ağı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 2010-2019 yılları arası Türkiye'de yonca ekili alan (ha) (Anonim 2019) 2
Şekil 1.2 2010-2019 yılları arası Türkiye'de yonca yeşil ot üretim miktarı(bin ton) (Anonim 2019).....3
Şekil 1.3 2010-2019 yılları arası Türkiye yonca yeşil ot verimi (kg/da) (Anonim 2019).....4
Şekil 3.1 Türkiye'de görülen iklimler (Öztürk vd 2017).....12
Şekil 3.2 Gözlem istasyonlarının konumları 13
Şekil 3.3 Klimatolojik ve coğrafik verilere ait histogram grafikleri 15
Şekil 3.4 Toprak değişkenlerinin histogram grafikleri.....17
Şekil 3.5 Yonca verimi değişkenlerinin histogram grafikleri.....18
Şekil 3.6 REGCM4.3.4 çalışma alanı ve model topografyası (Akçakaya vd. 2015).....20
Şekil 3.7 Çalışmada izlenen yöntem 21
Şekil 3.8 Biyolojik ve yapay sinir ağı yapısı (Anonymous 2020c).....22
Şekil 4.1 Loss grafiği 38
Şekil 4.2Tahmin edilen verim gerçek verim grafikleri 39
Şekil 4.3 Saçılım grafikleri (mavi eğitim, kırmızı test veri seti) 40
Şekil 4.4 Akdeniz bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları 42
Şekil 4.5 Doğu Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları.....44
Şekil 4.6 Karadeniz bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları 46
Şekil 4.7 Güneydoğu Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları 48
Şekil 4.8 Ege bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları 50
Şekil 4.9 İç Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları.....52
Şekil 4.10 Marmara bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları 54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışmada incelenen parametrelerin tanımları 11
Çizelge 3.2 Eğitim/test veri setinden çıkarılan veriler.....12
Çizelge 3.3 Coğrafik değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler.....14
Çizelge 3.4 Klimatolojik verilerin tanımlayıcı istatistikleri 14
Çizelge 3.5 Toprak değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri 17
Çizelge 3.6 Yonca yeşil ot değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri 18
Çizelge 3.7 Temsili emisyon/konsantrasyon senaryoları (Demircan vd. 2014).....19
Çizelge 3.8HadGEM2-ES modelinin atmosfer bileşenleri **(**Akçakaya vd. 2015).....19
Çizelge 3.9 Hyperparametre alternatifleri 25
Çizelge 3.10 Girdi senaryoları.....26
Çizelge 4.1 Korelasyon Çizelgesi.....30
Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri.....32
Çizelge 4.3 Akdeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları 42
Çizelge 4.4 Doğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları 45
Çizelge 4.5 Karadeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları 47
Çizelge 4.6 Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları....49
Çizelge 4.7 Ege bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları.....51
Çizelge 4.8 İç Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları 53
Çizelge 4.9 Marmara bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları 55
Çizelge 4.10 Verim değişimi öngörüleri özeti.....55

1. GİRİŞ

Yonca baklagiller (Fabaceae) familyasının tek yıllık ve çok yıllık türleri bulunan bir üyesidir. Yaklaşık 87 adet coğrafik yonca türü bilinmektedir. Yaygın yonca olarak bilinen *Medicago sativa* cinsinin gen merkezi Akdeniz havzası ve güneybatı Asya bölgesidir. Zengin genetik yapısı nedeniyle yonca bitkisinin tarımı çok farklı çevre koşullarında yapılabilmektedir. Yüksek protein içeriğine sahiptir ve diğer baklagil bitkilerinde de olduğu gibi toprağa azot fiksasyonu sağlayarak hayvancılığın yanında sürdürülebilir tarım için de çok önemlidir. Yonca, dünya'da tarımı en çok yapılan baklagil yem bikisidir. Dünya genelinde yaklaşık 35 milyon ha alanda tarımı yapılmaktadır. Yıllık üretim miktarı 255 milyon ton'dur. Bütün bu özellikleri ile "Yem Bitkilerinin Kraliçesi" olarak da adlandırılır ve en önemli baklagil yem bitkisidir (Açıkgöz 2001; Torricelli 2006; Avcıoğlu vd. 2009; Steele vd. 2010; Gholami vd. 2014; Gökalp vd. 2017; Karadaş ve Aksoy 2019).

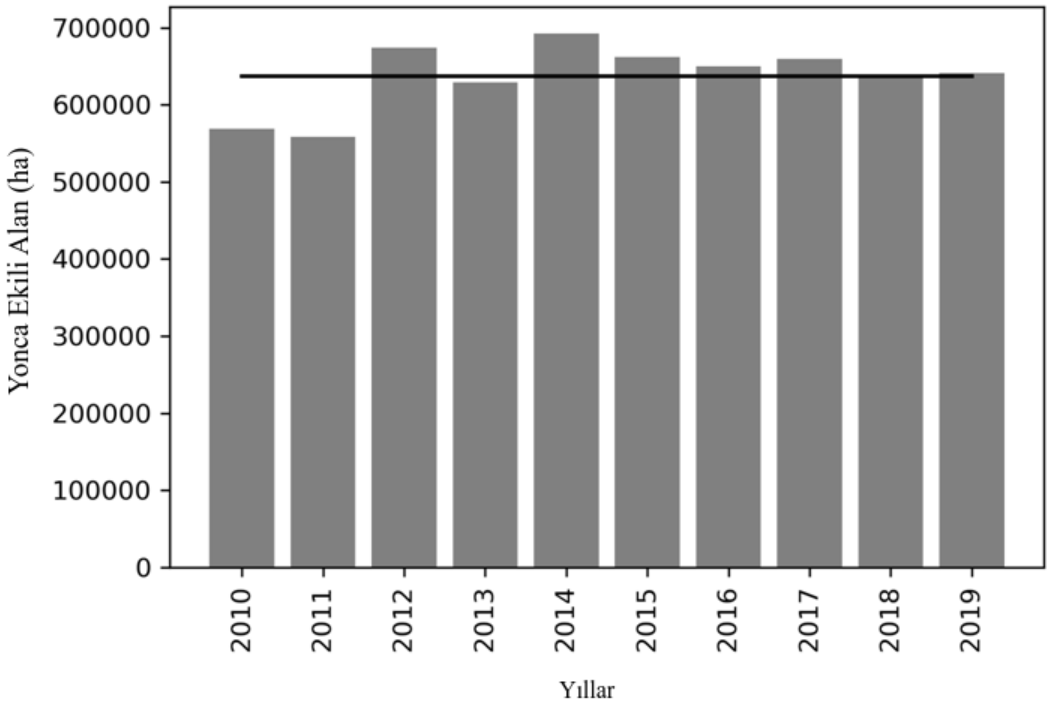
Yoncanın adaptasyon yeteneği oldukça güçlüdür. Derine inen kök yapısına sahip olduğundan kuraklığa oldukça dayanıklıdır. Yeterli suyun bulunduğu kurak ve sıcak iklim şartlarına sahip bölgelerde iyi yetişir. 350 ila 450 mm yağış alan bölgelerde sulanmadan yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Yetiştiriciliğinde sulama yapılmasının verimi oldukça artırdığı bilinmektedir. Toprak seçiciliği az olmakla beraber tınlı-kumlu, yeterli miktarda kireçli, derin, iyi drenajlı, pH'ın 6.5 ila 7.5 arasında olduğu topraklarda daha iyi gelişim göstermektedir. Bir vejetasyon döneminde birden fazla biçim alınabilmektedir (Anonim 2012; Gökalp vd. 2017).

Her bir bitkinin vejetasyon süreci boyunca ihtiyaç duyduğu asgari iklim ve toprak şartları vardır. Yonca bitkisinin gelişimi hava sıcaklığının 30 °C'nin üzerine ve 10 °C'nin altına ulaştığı dönemlerde dönemlerde yavaşlar. 5 °C sıcaklığın altında ise gelişim tamamen durur. Optimum gelişme sıcaklığı yaklaşık 25 °C'dir. Vejetasyon sürecine düzgün yayılmış yeterli yağış verimi artırır **(**Anonymous 2019).

Ülkemiz hayvancılığında ihtiyaç duyulan kaba yemler; çayırlar, meralar ve yem bitkileri tarımından karşılanmaktadır. Ancak yem bitkileri tarımımız yetersiz, çayır ve

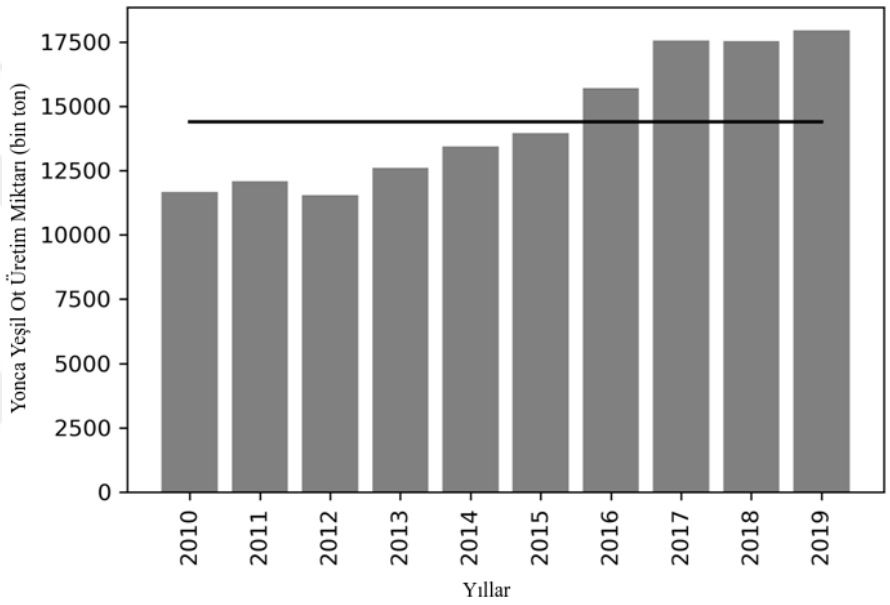
meralarımızın verimi ise oldukça düşüktür. Türkiye'de bir yılda üretilen kaba yem miktarı 33 milyon ton iken ihtiyaç duyulan miktar 57 milyon tondur. Bu verilere göre kaba yem üretimimiz ihtiyacın ancak yarısını karşılayabilmektedir. Ülkemiz hayvancılığının en önemli sorunu bu kaba yem açığıdır (Alçiçek vd. 2010; Özkan ve Demirbağ 2016). Türkiye'de yonca, silajlık mısır, yaygın fiğ, korunga ve yulaf en çok yetiştirilen yem bitkileridir. 2019 yılında yonca ve silajlık mısır, yem bitkileri ekili alanının %54'ünü, üretimin ise yaklaşık %78'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de kaba yem ihtiyacı büyük oranda yonca tarımı ile karşılanmaktadır (Karadaş ve Aksoy 2019; Özkan 2020).

TUİK verilerine göre Türkiye'de 2010-2019 yılları arasında ortalama yonca ekilen alan miktarı 637,040 ha'dır (Şekil 1.1). 2010 yılında yonca ekili alan 568,810 ha iken, 2019 yılında 637,040 ha seviyesine ulaşmıştır. 2010-2019 dönemi boyunca yonca ekili alanın en az olduğu yıl 558,552 ha ile 2011 yılı, en fazla olduğu yıl ise 692,305 ha ile 2014 yılıdır. 2010, 2011, 2013 ve 2018 yıllarında yonca ekili alan miktarı 2010-2019 ortalamasının altında gerçekleşmiştir. 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 ve 2019 yıllarında ise yonca ekili alan miktarı, 2010-2019 ortalamasının üstünde gerçekleşmiştir.



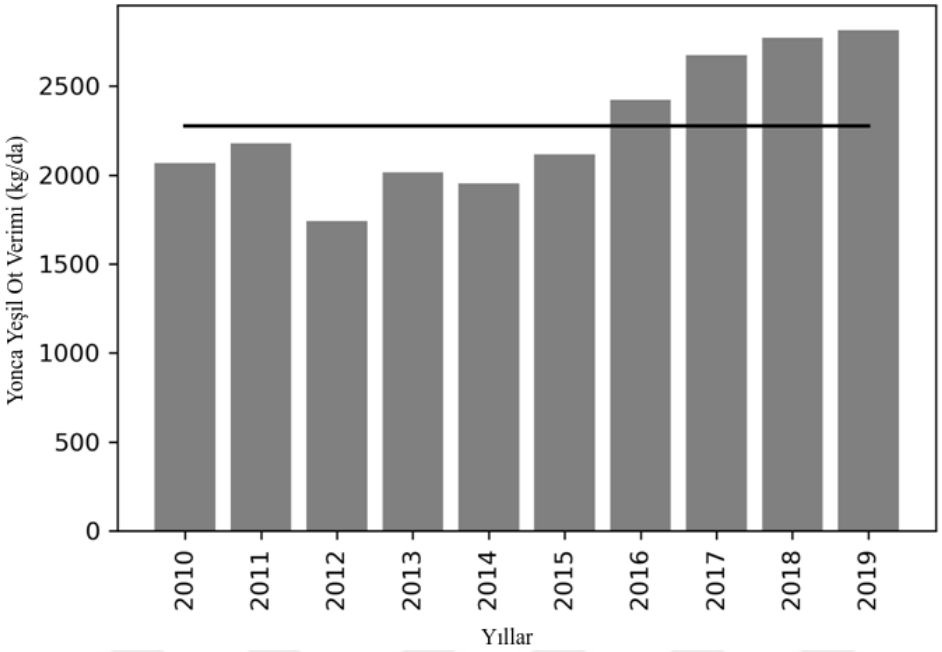
Şekil 1.1 Türkiye'de 2010-2019 yılları arası yonca ekili alan (ha) (Anonim 2019)

TUİK verilerine göre Türkiye'de 2010-2019 yılları arasında ortalama yonca üretim miktarı 14,405,748 tondur (Şekil 1.2). Yonca üretim miktarı 2010 yılında 11,676,115 ton iken, 2019 yılında 17,949,264 ton seviyesine ulaşmıştır. 2010-2019 dönemi boyunca yonca üretim miktarının en az olduğu yıl 11,536,328 ton ile 2012 yılı, en fazla olduğu yıl ise 17,949,264 ton ile 2019 yılıdır. 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarında yonca üretim miktarı 2010-2019 ortalamasının altında gerçekleşmiştir. 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında ise yonca üretim miktarı 2010-2019 ortalamasının üstünde gerçekleşmiştir.



Şekil 1.2 Türkiye'de 2010-2019 yılları arası yonca yeşil ot üretimi miktarı (bin ton) (Anonim 2019)

TUİK verilerine göre Türkiye'de 2010-2019 yılları arasında yonca verimi 2,275 kg/da'dır (Şekil 1.3). Yonca verimi 2010 yılında 2,067 kg/da iken, 2019 yılında 2,814 kg/da seviyesine ulaşmıştır. 2010-2019 dönemi boyunca yonca veriminin en az olduğu yıl 1,742 kg/da ile 2012 yılı, en fazla olduğu yıl ise 2,814 kg/da ile 2019 yılıdır. 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 ve 2015 yıllarında yonca verimi 2010-2019 ortalamasının altında gerçekleşmiştir. 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarında ise yonca verimi 2010-2019 ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 1.3 Türkiye'de 2010-2019 yılları arası yonca yeşil ot verimi (kg/da) (Anonim 2019)

Bir bölgenin iklimi, o bölgede uzun yıllar boyunca gerçekleşen ortalama hava durumudur. İklim; canlı türlerinin yeryüzündeki dağılımına, bu canlı türleri arasındaki farklılıkların oluşmasına ve bitki örtüsünün karakterine doğrudan etki eder. Tarih boyunca birçok sebepten ötürü iklimde değişiklikler olmuştur. Yapılan pek çok araştırma sanayi devriminden itibaren fosil yakıt kullanımının yaygınlaşması sonucu gerçekleşen CO_2 gazı artışı sebebiyle yeni bir ısınma dönemine girildiğine ve iklimin değiştiğine işaret etmektedir (Anonymous 2018, Gürkan vd. 2018).

İklim değişikliğinin öngörülmesi amacıyla pek çok model oluşturulmuştur. İklim modelleri; esasen atmosferin artan sera gazı emisyonlarına tepkisini gösterir ve aynı zamanda genel sirkülasyon modelleri olarak da adlandırılır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M ve MPI-ESM-MR iklim modellerinin RCP8.5 (kötümser senaryo) ve RCP4.5 (iyimser senaryo) senaryoları ile oluşturulmuş iklim projeksiyonu sonuçları kullanılarak bir bölgesel iklim modeli olan RegCM4.3.4 modeli yardımıyla dinamik ölçek küçültme yapılmış ve 2016-2099 dönemi için 20 km çözünürlükte iklim parametreleri üretilmiştir**.** Yürütülen bu çalışmada 1971-

2000 yılları arası dönem referans dönemi olarak seçilmiştir. Bu çalışma sonucunda Türkiye'de ortalama hava sıcaklıklarında 2016-2040 arası dönem için 1.0 °C ile 2.0 °C; 2041–2070 arası dönem için 1.5 °C ile 4.0 °C ve 2071-2099 arası dönem için 1.5 °C ile 5.0 °C arasında artışlar olacağı tahmin edilmektedir. Yağış projeksiyonlarına göre ise yağış miktarında belirgin bir azalış veya artış trendi görülmese de yağış rejimlerinde düzensizlikler görüleceği öngörülmüştür. IPCC'nin dördüncü değerlendirme raporunda da Akdeniz Havzası'nda sıcaklıkların artacağı, yağışların azalacağı ve böylece bu havzanın yeryüzünün en kırılgan bölgelerinden biri olacağı belirtilmiştir (Anonymous 2007; Anonymous 2018; Demircan vd. 2014; Bulut 2015; Demircan vd. 2017; Gürkan vd. 2018; Güser vd. 2017; Anonymous 2020a).

Türkiye'nin de bulunduğu Akdeniz havzası bölgesi iklim değişikliklerinden en çok etkilenmesi beklenen bölgelerden biridir (Anonymous 2007; Demircan vd. 2017). Yapılan bu çalışmada klimatolojik parametrelerin yonca yeşil ot verimi üzerindeki etkileri analiz edilerek iklim değişikliği projeksiyonlarına göre (RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları) verimdeki muhtemel değişikliklerin YSA ile ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Uno vd. (2005) Kanada'da spektrografik görüntüleyici cihazı verilerini kullanarak Yapay Sinir Ağı (YSA) yöntemi ile ve geleneksel yöntemlerle mısır verimini tahmin etmiştir. Sonuç olarak YSA yönteminin %20 daha başarılı olduğunu bildirilmiştir.

Debaeke vd. (2007) iklim değişikliğinin Avrupa'da ayçiçeği verimine olası etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada; verimin iklim değişikliğinden kuzey enlemlerde olumlu, güney enlemlerde ise olumsuz etkileneceği öngörülmüştür. İklim değişikliği ile artan CO_2miktarının 2050'li yıllara dek oluşması muhtemel su ve sıcaklık stresini telafi edeceği, fakat 2070 yılından sonra ayçiçeği veriminde ciddi düşüşler yaşanacağı belirtilmiştir.

İklim değişikliği, tarımı çeşitli şekillerde etkileyebilir Atmosferde artan CO_2, bitkilere karbon gübrelemesi yaparak C_3 bitkilerinde fotosentezi kolaylaştırma ve atmosferdeki sıcaklık artışı ise bitkilerde gelişimi ve terlemeyi hızlandırma gibi etkiler göstermekle beraber tahıl üretim miktarına düşürücü etki gösterebilmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak Türkiye'de %5'e varan verim kayıpları yaşanabileceği ifade edilmiştir (Cline 2008).

Şen (2009) RegCM3 modeli sonuçlarından, WOFOST bitki büyüme modeliyle, 2071-2100 dönemi için Çukurova bölgesinde mısır veriminde olası değişiklikleri incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre; yetersiz sulama koşullarına bağlı olarak mısır bitkisinin 1. ürün veriminde %58, 2. ürün veriminde ise %43.4'lere varan verim kayıplarının olacağı öngörülmüştür.

Türkiye'de iklim değişikliğinin fındık tarımına etkilerini inceleyen bir çalışmada Karadeniz bölgesinde iklim değişikliği ile beraber sahil bölgelerinin fındık tarımı açısından elverişsiz hale dönüşebileceği, bunun yanında fındık tarımına elverişsiz olan yüksek rakımlı alanların ise elverişli hale gelebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Ustaoğlu 2009).

Zhang vd. (2009) YSA ve istatistiksel modellerle sulu koşullarda soya fasülyesinin büyümesinin ve gelişmesinin tahmin edilmesi üzerine yaptığı çalışmada YSA modelinin oldukça başarılı olduğu ve bitki modeli olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır.

2000-2008 yılları arasında Uşak ilinde iklim değişikliğinin buğday, arpa, yulaf, mısır, tütün, haşhaş ve nohut bitkilerinin verimine, fizyolojik ve morfolojik özelliklerine ne gibi etkileri olduğu incelenmiştir. Sonuç olarak küresel ısınmaya bağlı olarak verimde düşüş bitkilerin boy uzamasında azalma, gelişim döneminde kısalma, bitki tohumlarının çimlenme oranında düşüş, dane büyüklüğü, sayısı ve ağırlığında azalmalar olduğu görülmüştür (Kara vd. 2010).

CO_2ve hava sıcaklığı artışına bağlı olarak Seyhan Ovasında 2070-2079 periyodunda pamuk bitkisinin veriminde %5 ve hasat indeksinde %15 azalış, biyokütlesinde %8 ve bitki boyunda %27 artış olacağı öngörülmüştür (Baydar 2010).

Zaefizadeh vd. (2011) regresyon ve YSA yöntemlerinin arpa verimini tahmin etmedeki başarısını incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda YSA yönteminin daha başarılı olduğunu ve verim tahmin çalışmalarında kullanılabilineceğini bildirmişleridir.

Soylu ve Sade (2012) iklim değişikliğinin Karapınar ilçesinde buğday, arpa, mısır, ayçiçeği ve şekerpancarı tarımına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak bu bitkilerin tarımında; hastalık ve zararlılar ile yabancı ot miktarında artış yaşandığı, aşırı sulama sonucu yeraltı su kaynaklarında kayıplar görüldüğü ve sonuçta verim düşüklüğü gibi problemler yaşandığı bildirilmiştir. Ortaya çıkan bu sorunların önlenebilmesi için; kuraklığa dayanıklı bitki ıslahı çalışmalarının yapılması, yeni koşullara uygun yeni bitki türlerinin seçilmesi, ekim ve hasat tarihleri ile sulama tekniklerinin yeniden düzenlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Alvaro vd. (2012) in-vitro koşullarda sıcaklık ve CO_2 miktarını artırarak yoncanın yeşil ot kalitesindeki değişiklikleri analiz etmiştir. Bu çalışmaya göre, ot kalitesinde düşüş

olduğu gözlemlenmiş ve sonuç olarak iklim değişikliği sonucu gerçekleşecek sıcaklık ve CO_2 artışının yonca ot kalitesine etkisinin olumsuz olacağını belirtmiştir.

Doğal ve antroponojenik etkiler sebebiyle iklim giderek daha fazla değişmekte ve etkilerini de daha fazla göstermektedir. İklim değişikliği sebebiyle su rejimleri değişmekte, tarımsal verim kaybı görülmekte ve bunun sonucunda gıda güvenliği ciddi boyutta tehlikeye girmektedir. Uzun vadede iklim değişikliğine bağlı olarak su stresinin oluşması, toprakların verimsizleşmesi, çölleşmenin artması, tarımsal hastalık ile zararlıların artırması ve deniz seviyesinin yükselmesi beklenmektedir (Akalın 2014).

HadGEM2-ES küresel modeli ve RCP8.5 senaryosuna göre regresyon yöntemi ile yapılan bir çalışmaya göre Türkiye'de ayçiçeği tarımının iklim değişikliğinden İç Anadolu ve Karadeniz Bölgesinde olumlu etkileneceği, Marmara ve Ege bölgelerinde olumsuz etkileneceği, Akdeniz Bölgesi ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nin kısa vadede olumlu etkileneceği fakat uzun vadede olumsuz etkileneceği öngörülmüştür (Gürkan 2015).

Yapılan bir çalışmada HadGEM2-ES küresel modeli ve RCP8.5 senaryosuna göre regresyon yöntemi ile haşhaş üretiminin iklim değişikliğinden nasıl etkileneceği incelenmiştir. Bu çalışmaya 2016-2040 döneminde 12 ilin olumsuz 1 ilin olumlu, 2041-2070 döneminde 11 ilin olumsuz 2 ilin olumlu ve 2071-2099 döneminde ise 10 ilin olumsuz 3 ilin olumlu etkilenebileceği sonucuna ulaşılmıştır (Bulut 2015).

Thivierge vd. (2016) Kanada'da iklim değişikliğinin çayır kelp kuyruğu ve yonca karışık ekiminin verimine etkilerini incelemiştir. Çalışmada, soğuk kuzey kesimlerde verimin iklim değişikliğinden olumlu etkileneceğini, diğer bölgelerde yaşanabilecek sıcaklık ve yağış stresinin olumsuz etkilerinin olacağı ve iklim değişikliğine uygun tarım yapılarak verim kaybının önlenebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Kadıoğlu vd. (2017) yaptığı çalışmada atmosferdeki karbondioksit miktarı, ortalama hava sıcaklığı ve yağış farklılıklarının 2100 yılına kadar büyük oranda artacağını, bu

durumun kuzey yarım kürenin kuzey kesimlerinde bitkilerde fotosentez oranını artıracağını ve böylece verim artışı görülebileceğini, Güney bölgelerde ise su sıkıntısının baş göstereceğini ve kuvvetli hava olayları ile beraber tarımsal veriminin düşeceğini, çayır ve meralarda otlatma veriminin azalacağını belirtmiştir.

Güler vd. (2017) bütünleşik otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) ve YSA yöntemleri ile bazı yağlı tohum bitkilerinin ithalat miktarlarının tahmin edilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada iki modelin başarısını karşılaştırdıklarında YSA yönteminin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Zhang vd. (2019) yüksek çözünürlüklü insansız hava aracı görüntülerinden buğday sarı pas hastalığını YSA ve rastgele orman sınıflandırıcı (ROS) yöntemleri tespit edilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmaya göre YSA yöntemi 0.85, ROS yöntemi ise 0.77 korelasyonla hastalığı tespit etmiştir.

Adisa vd. (2019), YSA yöntemi ile Güney Afrika'nın dört farklı şehrinde mısır veriminin tahmin edilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Bu şehirlerde mısır verimini en düşük 0.67, en yüksek ise 0.86 belirtme katsayısı ile tahmin etmeyi başarmışdır.

Tarımda YSA yöntemi; enerji tüketimi, hastalıkların sınıflandırılması ve üretim yönetimi gibi pek çok konuda başarıyla uygulanabilmektedir (Khoshnevisan vd. 2015; Oppenheim ve Shani 2017; Liu vd. 2018; Khoshroo vd. 2018; Terzi vd. 2019)

Ser ve Bati (2019) derin sinir ağlarında en iyi sınıflandırma modelini bulmak için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada mantarın fiziksel özellikleri girdi parametreleri olarak, zehirli olup olmadığı ise çıktı parametresi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada en başarılı optimizasyon yöntemlerinin Nadam, Adam, Rmsprop optimizasyon yöntemleri olduğu sonucuna ulaşmışlardır. En başarılı aktivasyon fonksiyonunun ise ReLU aktivasyon fonksiyonu olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada ulaşılan bir diğer sonuç ise problemin özelliğine ve kullanılan parametreler göre algoritmaların farklı performanslar gösterdiğidir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Bu çalışmada üç farklı kaynaktan sağlanan veriler kullanılmıştır. MGM'den klimatolojik veriler ve iklim projeksiyonu verileri, TUİK'den yonca yeşil ot verileri ve NASA'dan toprak verileri alınmıştır. Türkiye'de yonca tarımı yapılan 79 il araştırma kapsamına dahil edilmiştir. TUİK veri tabanında Rize ilinin yonca verimi istatistikleri bulunamadığından Mardin ilinin ise sadece bir yıllık yonca verimi istatistiği bulunduğundan çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Çalışmada incelenen parametrelerin tamamının tanımları çizelge 3.1'de sunulmuştur. Çizelge 3.1'deki Y değişkeni çıktı değişkeni, diğer değişkenler ise girdi değişkenleridir. YSA eğitim/test veri setinde yer alan klimatolojik veriler 79 ilin 2010-2019 yılları arası verileridir. Çalışmada kullanılan enlem, boylam, yükseklik, toprak ve projeksiyon verileri MGM'nin gözlem istasyonunun bulunduğu her bir koordinata karşılık gelecek verilerden seçilmiştir ve bütün bir ili temsil ettiği varsayılmıştır. Enlem, boylam, yükseklik, toprak parametreleri ile ortalama yonca yeşil ot verimi ve ortalama yonca üretimi miktarı her bir il için ayrı ayrı değişmeyen sabit parametreler olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 3.1 Çalışmada incelenen parametrelerin tanımları

Parametre	Tanımı	Birimi	Parametre	Tanımı	Birimi	Parametre	Tanımı	Birimi
HGT	Yükseklik	m	MT_YEAR	Yıllık Ortalama Sıcaklık	°C	T5D	Minimum Sıcaklığın 5 C'den Küçük Olduğu Gün Sayısı	Gün
LAT	Enlem	Derece	MANUEL_1	Ocak Ayı Toplam Yağış	mm	AWT_T_SOC	Alan Ağırlıklı Karbon içeriği	kg/m²
LON	Boylam	Derece	MANUEL_2	Şubat Ayı Toplam Yağış	mm	T_BULK_DEN	Kütle Yoğunluğu	kg/dm³
MT_1	Ocak Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_3	Mart Ayı Toplam Yağış	mm	T_C	Karbon İçeriği	kg/m²
MT_2	Şubat Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_4	Nisan Ayı Toplam Yağış	mm	T_CEC_CLAY	Katyon Değişim Kapasitesi	mol/kg
MT_3	Mart Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_5	Mayıs Ayı Toplam Yağış	mm	T_CLAY	Kil Oranı	%
MT_4	Nisan Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_6	Haziran Ayı Toplam Yağış	mm	T_GRAVEL	Çakıl Oranı	%
MT_5	Mayıs Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_7	Temmuz Ayı Toplam Yağış	mm	T_OC	Organik Karbon Oranı	%
MT_6	Haziran Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_8	Ağustos Ayı Toplam Yağış	mm	T_PH_H2O	pH	-log(H+)
MT_7	Temmuz Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_9	Eylül Ayı Toplam Yağış	mm	T_REF_BULK	Referans Kütle Yoğunluğu	kg/dm³
MT_8	Ağustos Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_10	Ekim Ayı Toplam Yağış	mm	T_SAND	Kum Oranı	%
MT_9	Eylül Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_11	Kasım Ayı Toplam Yağış	mm	T_SILT	Humus Oranı	%
MT_10	Ekim Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_12	Aralık Ayı Toplam Yağış	mm	MY	2010-2019 Arası Ortalma Verim	kg/da
MT_11	Kasım Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	MANUEL_YEAR	Yıllık Toplam Yağış	mm	MPT	2010-2019 Arası Ortalma Ekili Alan	ha
MT_12	Aralık Ayı Ortalama Sıcaklık	°C	T30D	Maksimum Sıcaklığın 30 C'den Büyük Olduğu Gün Sayısı	Gün	Y	Verim	kg/da

Çizelge 3.2'deki istasyonların karşısındaki yılların klimatolojik verilerin de eksiklikler olduğu görüldüğünden o yılların verileri eğitim/test veri setine dahil edilmemiştir.

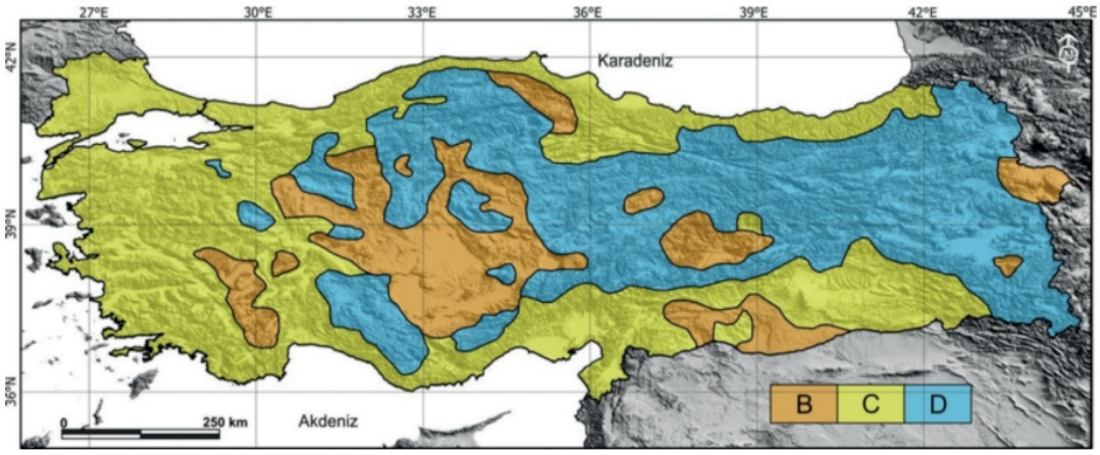
Çizelge 3.2 Eğitim/test veri setinden çıkarılan veriler

İl	Yıllar	İl	Yıllar
Kilis	2010, 2011	Şırnak	2016
Antalya	2010, 2011	Trabzon	2010, 2011, 2012, 2013
Kahramanmaraş	2017, 2018, 2019	Uşak	2015, 2016, 2017, 2018, 2019
Karabük	2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019		

YSA eğitim/test veri seti toplam 766 satırdan oluşmaktadır. Toplam incelenen parametre ise 766*45=34,470 adet hücreden oluşmaktadır.

3.1.1 Klimatolojik veriler

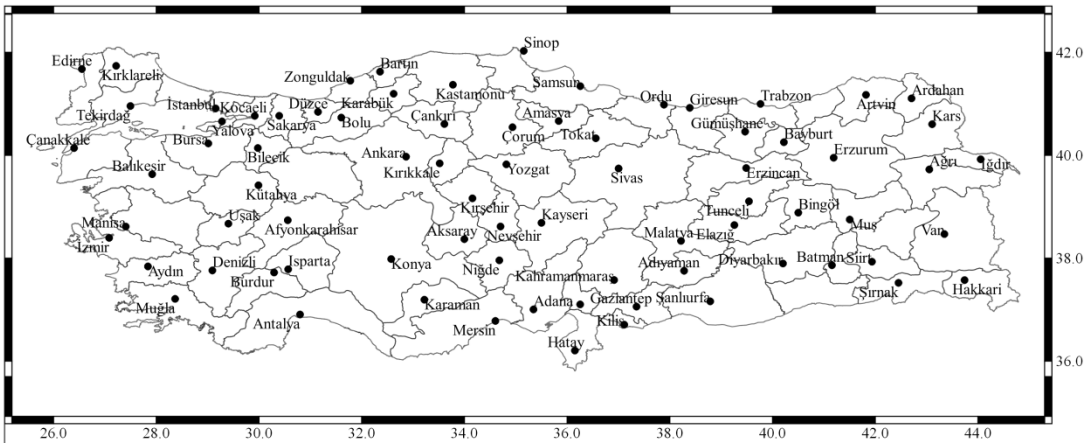
Türkiye orta kuşakta yer almaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrilidir ve kısa mesafelerde oldukça değişken yükseltilere ve coğrafik oluşumlara sahiptir. Türkiye'yi etkileyen hava kütleleri ve bu hava kütlelerinin frekansları da oldukça çeşitlilik göstermektedir. Türkiye'de görülen bütün bu coğrafik çeşitlilik; klimatolojik ve biyolojik çeşitliliğe yol açmıştır (Yılmaz ve Çiçek 2016). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin %43'ünde kışları ılıman ve nemli orta enlem iklim tipi (C tipi), %39'unda kışları soğuk ve nemli orta enlem iklim tipi (D tipi), %18'inde ise kurak iklim tipi (B tipi) görülmektedir (Şekil 3.1) (Öztürk vd 2017).



Şekil 3.1 Türkiye'de görülen iklimler (Öztürk vd 2017)

Şekil 3.1'e göre B tipi iklim tipi Türkiye'nin denizden uzak iç kesimlerinde görülmektedir. C tipi iklim tipi Türkiye'de Güneydoğu Anadolu bölgesi ile deniz etkisinin hissedilebildiği bölgelerde görülmektedir. D tipi iklim tipi ise genellikle yükseltinin fazla olduğu dağlık kesimlerde ve iç kesimlerde görülmektedir (Öztürk vd 2017).

MGM'nün her bir il merkezinde kurulu gözlem istasyonu bulunmaktadır. Çalışma kapsamında araştırılan 79 ilin MGM gözlem istasyonları tüm iklim bölgelerine yayılmış haldedir. Bu yüzden klimatolojik değerler oldukça fazla değişkenlik göstermektedir. Çalışma kapsamındaki 79 ilin MGM gözlem istasyonlarının konumları şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2 Gözlem istasyonlarının konumları

Gözlem istasyonlarının coğrafik (enlem, boylam ve yükseklik) değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 3.3'de, klimatolojik verilerine ait tanımlayıcı istatistikler ise çizelge 3.4'de sunulmuştur.

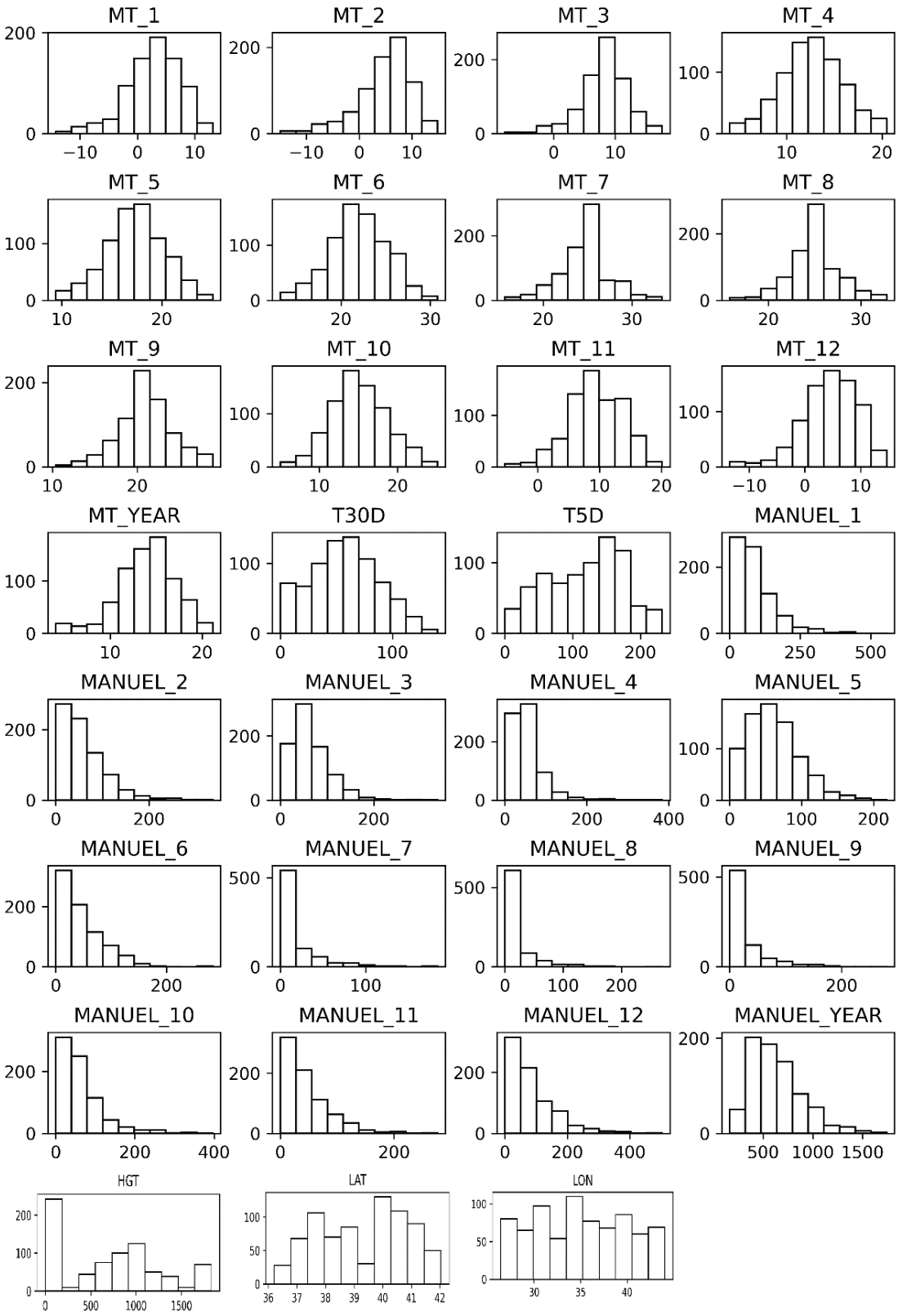
Çizelge 3.3 Coğrafik değişkenlerin tanımlayıcı istatistikler

Parametre	Ort	Std. Sapma	Min	Mak
HGT	702.53	551.45	4.00	1,827.00
LAT	39.30	1.51	36.21	42.03
LON	35.01	5.02	26.40	44.05

Çizelge 3.4 2010-2019 yılları arası klimatolojik verilerin tanımlayıcı istatistikleri

Parametre	Ort	Std. Sapma	Min	Mak	Parametre	Ort	Std. Sapma	Min	Mak
MT_1	2.82	4.66	-14.20	13.10	**MANUEL_1**	91.72	71.99	0.00	556.70
MT_2	4.83	4.99	-14.90	14.80	**MANUEL_2**	59.66	49.01	0.00	336.60
MT_3	4.83	3.80	-7.90	17.60	**MANUEL_3**	64.80	41.33	0.00	335.90
MT_4	12.62	3.21	4.00	20.50	**MANUEL_4**	53.98	40.71	0.00	383.40
MT_5	17.34	2.94	9.40	25.10	**MANUEL_5**	60.89	35.76	0.00	218.40
MT_6	21.97	3.19	13.20	30.80	**MANUEL_6**	46.07	40.59	0.00	283.50
MT_7	24.60	2.77	15.70	33.40	**MANUEL_7**	17.71	27.40	0.00	183.80
MT_8	24.93	2.72	15.80	32.80	**MANUEL_8**	17.94	30.73	0.00	269.80
MT_9	21.05	3.14	10.40	28.90	**MANUEL_9**	26.71	37.37	0.00	280.60
MT_10	15.07	3.58	5.00	25.10	**MANUEL_10**	62.78	55.69	0.00	396.60
MT_11	9.36	4.34	-5.30	20.10	**MANUEL_11**	45.94	41.41	0.00	276.20
MT_12	4.52	4.91	-13.50	14.70	**MANUEL_12**	84.87	74.77	0.00	503.50
MT_YEAR	13.93	3.16	4.10	21.15	**MANUEL_YEAR**	633.10	258.58	162.40	1743.40
T30D	56.72	30.08	0.00	140.00	**T5D**	118.59	55.52	0.00	232.00

Çizelge 3.3 ve çizelge 3.4'e göre coğrafik ve klimatolojik değişkenlerin standart sapmaları ile maksimum ve minimum değerleri arasındaki farklar oldukça yüksektir. Klimatolojik ve coğrafik verilere ait histogram grafikleri şekil 3.3'de sunulmuştur. Histogram grafiklerine göre sıcaklık (MT) ve yağış (MANUEL) değişkenleri normal dağılım göstermektedir. Değişkenlerin normal dağılım göstermesi sınıflandırma modelleri için iyi sonuç verirken, veri madenciliği ve yapay zeka çalışmalarında etkisi daha azdır (Sattari vd. 2020). Bu klimatolojik parametreler toprak ve yonca verileriyle beraber yonca verimini en iyi tahmin eden YSA modelinin bulunulması aşamasında girdi parametreleri olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.3 Klimatolojik ve coğrafik verilere ait histogram grafikleri

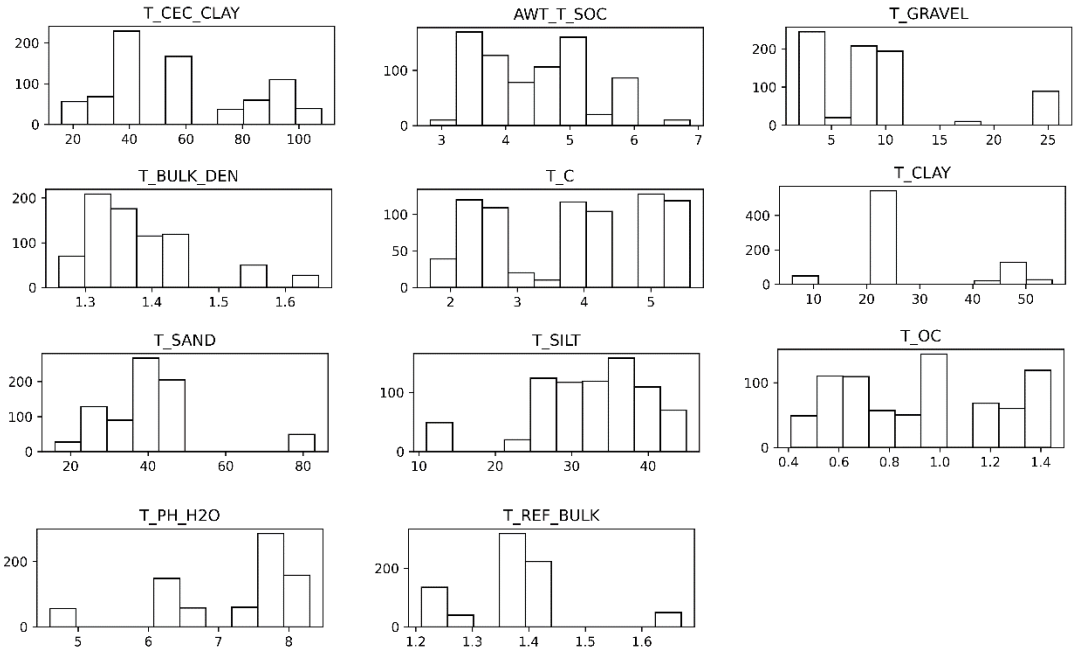
3.1.2 Toprak verileri

Çalışmada kullanılan toprak verisi NASA tarafından sağlanan Regridded Harmonized World Soil Database v1.2 (RHWSD v1.2) veri tabanından alınmıştır. Harmonized World Soil Database v1.2 (HWSD v1.2) veri seti küresel ölçekte en kapsamlı ve yeni toprak veri setidir. Bu veri setinde toprağın üst kısmı (0 ila 30 cm) ve alt kısmı (30 ila 100 cm) ilişkin parametreler mevcuttur. HWSD v1.2; gıda üretimi, biyo-enerji ve biyolojik çeşitliliğe yönelik çalışmalar için çok sayıda veri sağlamaktadır. Karbon döngüsü modellemesi çalışmaları için girdi olarak kullanılabilinir. NASA, bu veri tabanındaki hataların (aykırı değerler, hatalı veri girişleri vb.) bulunulması ve düzeltilmesi amacıyla her bir parametre için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değer kontrolü yapmıştır. Sonuçta az sayıda hata bulunmuştur ve bu hataları aynı toprak tipinden oluşan komşu birimlerle düzeltilmiştir. Bu veri seti, ölçüm verileriyle oldukça iyi uyum içindedir. Veritabanında oldukça az sayıda eksik veri bulunmaktadır. RHWSD v1.2 veri seti; HWSD v1.2 veri setinden ayrıca içerisine hesaplanmış yeni toprak parametreleri de eklenerek, küresel ölçekte ve yüksek çözünürlüklü olarak üretilmiştir. Bu veri tabanında toprak; pH'ı, su tutma kapasitesi, organik karbon miktarı gibi parametreler bulunmaktadır. Veri setinin nominal yılı 2000 yılıdır. Veriler tüm dünya için NetCDF formatında, 0.05 derece çözünürlükte 27 dosya ve Community Land Model (CLM) çözünürlüğünde (0.9 derece x 1.25 derece) tek dosya şeklinde sunulmuştur. Bu çalışmada kullanılan toprak verileri bu veri tabanından MGM'nin her bir ilde yer alan gözlem istasyonunun bulunduğu koordinata karşılık gelecek verilerden seçilmiştir ve bütün bir ili temsil ettiği varsayılmıştır (Anonymous 2020b; Saxton vd. 1986; Wieder vd. 2014).

Çalışmada kullanılan toprak değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 3.5'de, histogram grafikleri şekil 3.4'de sunulmuştur. Çizelge 3.6 ve şekil 3.4'e göre toprak değişkenlerinin büyük değişkenlikler gösterdiği ve normal dağılmadığı anlaşılmaktadır. Bu toprak parametreleri iklim ve yonca verileriyle beraber yonca verimini en iyi tahmin eden YSA modelinin belirlenmesi aşamasında girdi parametreleri olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.5 Toprak değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Parametre	Ort	Std. Sapma	Min	Mak
AWT_T_SOC	4.45	0.83	2.83	6.87
T_BULK_DEN	1.37	0.08	1.26	1.65
T_C	3.78	1.23	1.70	5.59
T_CEC_CLAY	56.43	25.89	16.00	108.00
T_CLAY	27.21	12.03	6.00	55.00
T_GRAVEL	9.42	6.63	2.00	26.00
T_OC	0.93	0.32	0.4	1.44
T_PH_H2O	7.21	0.99	4.60	8.30
T_REF_BULK	1.38	0.10	1.21	1.67
T_SAND	39.75	13.56	16.00	83.00
T_SILT	33.04	7.70	11.00	45.00



Şekil 3.4 Toprak değişkenlerinin histogram grafikleri

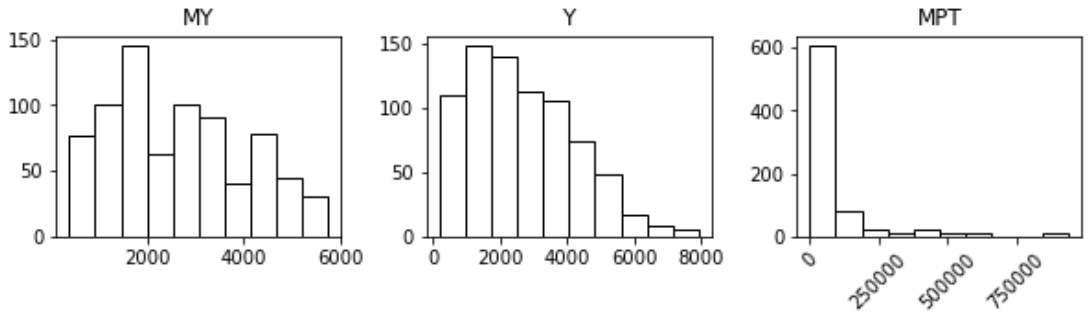
3.1.3 TUİK verileri

Türkiye'nin neredeyse tamamında yonca yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yonca üretilen illerde 2010-2019 yılları arası ortalama yonca verimi 393 kg/da'dan 5740 kg/da'a kadar değişmektedir. Bu durum, ülkemizde görülen iklim çeşitliliği ile doğrudan ilgilidir.

Çalışmada kullanılan yonca verileri TUİK'den alınmıştır. Yonca yeşil ot verilerine ait tanımlayıcı istatistikler çizelge 3.6'da, histogram grafikleri şekil 3.5'de sunulmuştur..

Çizelge 3.6 Yonca yeşil ot değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Parametre	Ort	Std. Sapma	Min	Mak
MY	2666.07	1,408.26	393.00	5,740.50
MPT	82,714.95	155,867.10	612.30	941,776.00
Y	2,663.97	1,533.50	200.00	7,908.00



Şekil 3.5 Yonca verimi değişkenlerinin histogram grafikleri

Çizelge 3.6 ve şekil 3.5'e göre yonca değişkenlerinin normal dağılım göstermediği anlaşılmaktadır. Bu çalışmada her bir ilin 2010-2019 yılları arası ortalama yonca verimi (MY) ve ortalama yonca ekili alan (MPT), coğrafik, klimatolojik ve toprak değişkenleri ile beraber YSA modelinde girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Yonca yeşil ot verimi (Y) ise çıktı parametresidir.

3.1.4 İklim projeksiyonu verileri

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından 2007 yılında iklim değişikliği senaryolarının ortaya konulması amacıyla uzmanlar toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 4 tane temsili emisyon/konsantrasyon senaryolarına (RCPs) göre iklim değişikliği veri setlerinin oluşturulması kararı alınmıştır. Bu senaryolar çizelge 3.7'de gösterilmiştir (Demircan vd. 2014).

Çizelge 3.7 Temsili emisyon/konsantrasyon senaryoları (Demircan vd. 2014)

Adı	Işınımsal Zorlama	Zaman	Işınımsal Zorlama Değişimi	Konsantrasyonlar (CO2 Eşdeğer)	Emisyonlar (Kyoto Protokolü Sera Gazları)
RCP 8.5	>8.5 W/m^2	2100'de	Yükselme	> ~1370 ppm (2100'de)	2100'e kadar artış devamediyor
RCP 6.0	~6.0 W/m^2	2100 sonrası	Hedefi geçmedenstabilizasyon	~ 850 ppm (2100'de)	Yüzyılın son çeyreğindedüşüş
RCP 4.5	~4.5 W/m^2	2100 öncesi	Hedefi geçmeden stabilizasyon	~ 650 ppm (2100'de)	Yüzyılın ortalarındanitibaren düşüş
RCP3-PD	~3.0 W/m^2	2100 öncesi	3.0 W/m^2'ye ulaşmadan zirve ve düşüş	Zirve ~ 490 ppm ve düşüş (2100'de)	Yüzyılın ilk çeyreğindedüşüş

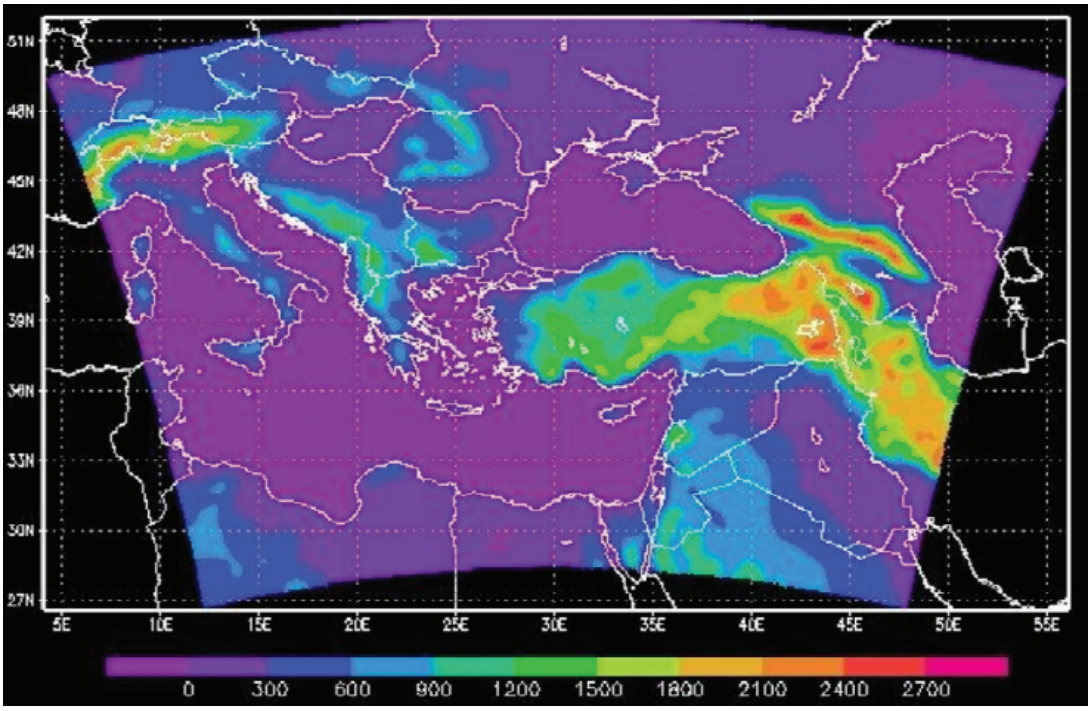
Hadley Küresel Çevre Modelleri (HadGEM2) İngiltere Meteoroloji Servisi (Met Office)'ne bağlı olan Hadley Enstitütüsü tarafında geliştirilmiş bir dizi modelden oluşmaktadır. HadGEM2-ES modeli bu model ailesinde bulunan 2. nesil küresel bir iklim modelidir ve HadGEM2 serisinin en kapsamlı modelidir. HadGEM2-ES modeliyle emisyon/konsantrasyon senaryolarına göre küresel ölçekte iklim projeksiyonları yapılabilmektedir. HadGEM2-ES modelinin atmosfer bileşenleri çizelge 3.8'de sunulmuştur **(**Akçakaya vd. 2015).

Çizelge 3.8HadGEM2-ES modelinin atmosfer bileşenleri **(**Akçakaya vd. 2015)

Dikey çözünürlük	38 seviye, 40 km Okyanus bileşenleri için 40 seviye Stratosferik araştırmalar için genişletilmiş 60 seviye, 85 km
Yatay çözünürlük	1.25*1.875 derece, 192*145 grid Okyanus bileşenleri için 1*1 derece, 360*216 grid

RegCM (Regional Climate Model System) Amerikan Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi (NCAR) tarafından geliştirilmiştir. RegCM-4.3 Uluslararası Abdüsselam Teorik Fizik Merkezi Yer Sistem Fiziği Bölümü tarafından bölgesel iklim modeli olarak yeniden uyarlanmıştır. Bu model ile küresel model çıktılarından 10 km çözünürlüğe kadar (hidrostatik limit) bölgesel ürün hazırlanabilmektedir (Akçakaya vd. 2015).

MGM 2011 yılında iklim değişikliğinin olası olumsuzluklarını önceden tespit etmek amacıyla IPCC'nin belirlemiş olduğu emisyon/konsantrasyon senaryoları (RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları) ve HadGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M küresel modelleri ile üretilen iklim değişikliği projeksiyonları ile Türkiye ve bölgesi için dinamik ölçek küçültme çalışmasına başlamış ve 20 km çözünürlükte veri setleri oluşturmuştur. Dinamik ölçek küçültme işlemi RegCM-4.3.4 modeliyle yapılmıştır. Bu projede 1971-2000 dönemi referans dönemi olarak alınmış ve 2100 yılına kadar iklim değişikliği projeksiyonu yapılmıştır. Bu projedeki çalışma alanı ve model topografyası şekil 3.6'da gösterilmiştir (Akçakaya vd. 2015).

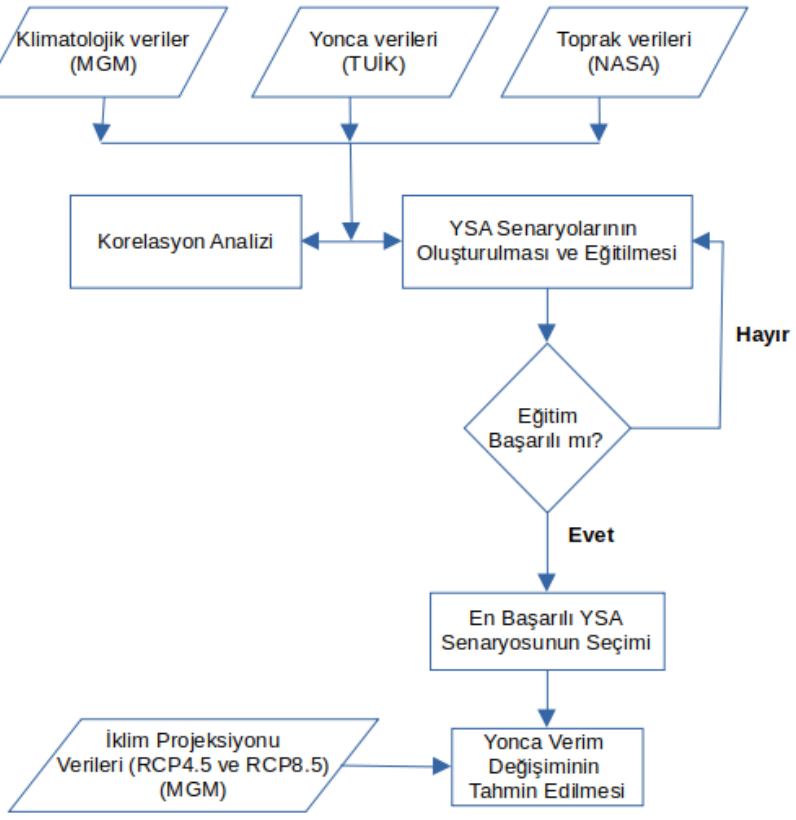


Şekil 3.6 REGCM-4.3.4 çalışma alanı ve model topografyası (Akçakaya vd. 2015)

Bu çalışmada MGM'nin HadGEM2-ES iklim modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları verilerinden RegCM-4.3.4 yazılımıyla Türkiye için üretmiş olduğu iklim projeksiyonu parametreleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki her bir ilin MGM gözlem istasyonunun bulunduğu koordinata karşılık gelen iklim projeksiyonu parametreleri bu modelin çıktılarından ayıklanmıştır ve tüm ili temsil ettiği var sayılmıştır. Bu projeksiyon parametreleri YSA modeli için girdi parametresi olarak kullanılmış ve sonuçta yonca verimi projeksiyonları elde edilmiştir.

3.2 Yöntem

Çalışmada kullanılan değişkenlerin yonca yeşil ot verimi ile olan ilişkisi korelasyon analizi (r) ile ölçülmüştür. Yonca yeşil ot verimi değişiminin öngörülmesi için ise bir YSA modeli oluşturulmuştur. YSA modelini oluşturulması amacıyla farklı değişken sayısı, neron sayısı, iterasyon sayısı, öğrenme oranı ve decay oranından oluşan toplamda 176 farklı senaryo denenmiş ve en iyi modelin oluşturulması sağlanmıştır. YSA modelinin performansı belirtme katsayısı (r^2), Nash-Sutcliff katsayısı (NS), ortalama mutlak yüzde hata (OMYH), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama hata karelerinin karekökü (OHKK) yöntemleri ile ölçülmüştür. Bu yöntemlerden belirtme katsayısı ve OHKK başlıca değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır. Oluşturulan bu YSA modeli ile öncelikle referans dönemi (1971-2000) yonca yeşil ot verimi hesaplanmıştır. Daha sonra yine bu YSA modeli ile 2020-2060 ve 2060-2100 dönemleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları yonca yeşil ot verimi öngörüsü yapılmış ve referans dönemiyle kıyaslanarak verimdeki değişimler ortaya konulmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Çalışmada izlenen yöntem

3.2.1 Korelasyon analizi

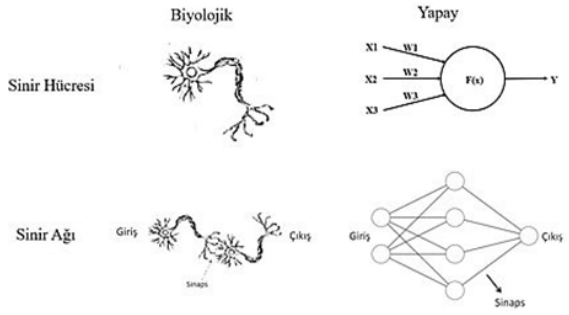
Korelasyon; iki nicel değişkenin birbirleriyle olan ilişkinin yönünü ve şiddetini ölçebilen istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon -1 ile 1 arasındaki değerleri alır. 1'e yakın değerler, yüksek pozitif korelasyonu, -1'e yakın değerler, yüksek negatif korelasyonu, 0'a yakın değerler ise herhangi bir ilişkini olmadığını ifade eder. Korelasyon analizinin matematiksel ifadesi şu şekildedir (Özmen vd. 2013):

$$r = \frac{\sum (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \overline{x})^2 \sum (y_i - \overline{y})^2}}$$

Bu formülde x bağımsız değişkeni, $\overline{x}$ bağımsız değişken ortalamasını, y bağımlı değişkeni ve $\overline{y}$ bağımlı değişken ortalamasını temsil eder.

3.2.2 Yapay sinir ağı

Bu çalışmada yonca yeşil ot verimi öngörüsü oluşturulan Yapay Sinir Ağı (YSA) modeliyle yapılmıştır. YSA, yapay zekanın bir alt dalı olup, en çok kullanılan yapay zeka uygulamalarından biridir. Biyolojik sinir ağları; bir birine bağlı çok sayıda biyolojik sinir hücrelerinden oluşurken, yapay sinir ağları ise bir birine bağlı çok sayıda yapay sinir hücrelerinden oluşur. YSA öğrenebilen bilgisayar sistemleri olarak da tanımlanır. Pek çok mühendislik alanında sıklıkla kullanılmaktadır (Uzundurukan vd. 2019). Şekil 3.8'de biyolojik ve yapay sinir ağlarının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Biyolojik ve yapay sinir ağı yapısı (Anonymous 2020c)

Bir yapay sinir hücresinde her bir giriş (x1..xn), ağırlıkları (w1..wn) ile çarpılır. İkinci aşamada elde edilen bu değerler bias (b1..bn) değeri ile birlikte toplanır. Bu değere aktivasyon fonksiyonu (f(x)) ile işlem yapılarak y sonucu elde edilir ve bu sonuç bir sonraki katmana aktarılır. YSA bu mantıkla çalışan çok sayıda yapay sinir hücrelerinden oluşur. Bu ifadenin matematiksel formülü şu şekildedir (Ser ve Bati 2019):

$$y_i = f_2\left(\sum_{j=1}^{R} w_{kj}\left[f_1\left(\sum_{j=1}^{R} w_{kj}\, x_j + b_k\right) + b_k\right]\right)$$

Bu formülde *x* girdi değişkenini, *w* ağırlığı, *b* biası ve *f* aktivasyon fonksiyonunu temsil eder.

YSA'ları için geliştirilmiş çok sayıda aktivasyon fonksiyonu bulunmaktadır. Bu fonksiyonların en bilinenleri Sigmoid, ReLU ve Softmax aktivasyon fonksiyonlarıdır (Apaydin vd. 2020). Bu çalışmada aktivasyon fonksiyonu olarak ReLU aktivasyon fonksiyonu seçilmiştir. ReLU aktivasyon fonksiyonu her bir sinir hücresindeki toplama fonksiyonu sonucu elde edilen y değerlerinin 0'dan büyük veya eşit olduğu takdirde bir işleme tabi tutulmadan sonraki katmanın yapay sinir hücrelerine aktarılması 0'dan küçük olduğu takdirde ise 0 değerinin bir sonraki katmanın sinir hücrelerine aktarılması prensibiyle çalışır. ReLU aktivasyon fonksiyonunun matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$f(y) = \begin{cases} 0\,, y < 0\, için \\ y\,, y \geq 0\, için \end{cases}$$

Bir YSA modelinin doğru bir şekilde çalışması için eğitilmesi gerekir. Bunun için öncelikle eğitim aşamasındaki elde edilen sonuçlar eğitim veri setindeki sonuçlarla karşılaştırılarak hata değerleri elde edilir. Bu işlemin matematiksel ifadesi şu şekildedir (Ser ve Bati 2019):

$$E_D = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{p}\left(y_i - \overline{y}_i\right)^2$$

Bu formülde y gerçek çıktıyı, $\bar{y}$ YSA'dan elde edilen çıktıyı temsil eder.

Elde edilen bu hata değerlerini minimuma indirmek için optimizasyon fonksiyonu kullanılır. Bu çalışmada Adam optimizasyon fonksiyonu seçilmiştir. Bu fonksiyonda geçmiş eğimlerin karelerinin üssel olarak ağırlıklandırılmış ortalamaları ve momentum değişikliklerini önbellekte saklayarak öğrenme işlemini gerçekleştirir. Oldukça başarılı bir optimizasyon yöntemidir ve derin öğrenme uygulamalarında da kullanılmaktadır. Adam optimizasyon fonksiyonunun matemetiksel ifadesi şu şekildedir (Ser ve Bati 2019):

$$m_t = \beta_1 - m_{t-1} + \left(1 - \beta_1\right) g_t$$

$$v_t = \beta_2 v_{t-1} + \left(1 - \beta_2\right) g_t^2$$

$$m_t^{'} = \frac{m_t}{1 - \beta_1^t},\ v_t^{'} = \frac{v_t}{1 - \beta_2^t}$$

$$\theta_{t+1} = \theta_t - \frac{\eta}{\sqrt{v_t^{'} + \varepsilon}} m_t^{'}$$

Bu formülde m momentum değişikliklerini, β_1 0.9 değerini, g her bir köşegen elemanını, β_2 0.999 değerini, v geçmiş eğimlerin karelerinin üssel olarak ağırlıklandırılmış ortalamalarını,θ eğim değerlerinin kareleri toplamını ve ε öğrenme katsayısının 0'a bölünmesini engellemek için atanan sabit değeri ifade eder.

YSA'ları tek bir ara katmandan oluşabileceği gibi çok sayıda ara katmandan da oluşabilir. İki ve daha fazla ara katmanın bulunduğu YSA mimarisi derin öğrenme yaklaşımı olarak adlandırılmaktadır. Bu yaklaşım son yıllarda yapılan pek çok çalışmada kompleks problemlerin çözümünde başarıyla kullanılmıştır**.**Bu çalışmada da oluşturulan YSA modeli derin öğrenme mantığına uygun olacak şekilde 2 ara katmanlı mimariyle oluşturulmuştur. Ara katmandaki neron sayıları YSA modelinin sergilemiş

olduğu başarıya göre çok farklı sayıda seçilebilinir. Aşırı az veya fazla neron sayısı model performansını olumsuz etkiler. Bu çalışmada ara katman neron sayısı deneme yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. YSA modellerinin başarısını etkiyen bir diğer önemli faktör iterasyon (Epoch) sayısıdır. Farklı YSA modelleri farklı iterasyon sayıları ile çalıştırılabilir. Düşük epoch sayısı; modelin hata miktarını artırırken, optimum epoch sayısı model tahmininin istenilen çıktıya yakınsamasını sağlar. Aşırı derecede yüksek epoch sayısı ise YSA modelinin aşırı uyum (over fitting) göstermesine sebep olur ki bu istenmeyen bir durumdur. Bu çalışmada, optimum epoch sayısı deneme yanılma yöntemi uygulanarak bulunmuştur. YSA modellerinin başarısını etkileyen bir diğer önemli faktör ise öğrenme oranı ve decay oranıdır. YSA modelleri her bir iterasyonda öğrenme oranı kadar ağırlıklarını yeniler ve decay oranı kadar ise öğrenme oranını azaltır. Bu çalışmada decay ve öğrenme oranı parametreleri deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir.

Bir YSA modelinde modelin başarısını en çok etkileyen ve en önemli faktör girdilerdir. Bu nedenle girdi parametreleri en iyi şekilde seçilmelidir. Derin öğrenme uygulamalarında çok sayıda girdi parametresi yerine minimum sayıda ve en etkili girdi parametreleri ile sonuca ulaşılmak istenir. Yonca bitkisinin verimini en çok etkileyen etmenler sırasıyla yağış, sıcaklık ve toprak parametreleridir. Bu çalışmada ki girdi senaryoları yonca bitkisinin iklim ve toprak istekleri dikkate alınarak bitki gelişimine daha az etki eden parametrelerin çıkarılması şeklinde oluşturulmuştur.Girdi Senaryo no büyüdükçe bu doğrultuda girdi parametre saysı azaltılmıştır (Apaydin vd. 2020; Sattari vd. 2020). Toplamda 2 farklı neron sayısı, 2 farklı epoch sayısı, 2 farklı öğrenme oranı, 2 farklı decay oranı ve 11 farklı girdi senaryosu toplamda ise 2*2*2*2*11=176 adet senaryo denenerek yonca verimini tahmin etmede en başarılı YSA modeli tespit edilmiş ve yonca verimi projeksiyonu bu YSA modeli ile yapılmıştır. Çizelge 3.9'da hyperparametre alternatifleri, çizelge 3.10'da ise girdi senaryoları gösterilmiştir.

Çizelge 3.9 Hyperparametre alternatifleri

Hyperparametre Alternatifleri			
Neron	**Epoch**	**LR**	**Decay**
100X50	150	0.0001	0.001
200X100	300	0.001	0.01

Çizelge 3.10 Girdi senaryoları

	Girdi Senaryoları										
Değişken	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
MT_1	*	*		*							
MT_2	*	*		*							
MT_3	*	*	*	*							
MT_4	*	*	*	*	*						
MT_5	*	*	*	*	*						
MT_6	*	*	*	*	*						
MT_7	*	*	*	*	*						
MT_8	*	*	*	*	*						
MT_9	*	*	*	*	*						
MT_10	*	*	*								
MT_11	*	*	*								
MT_12	*	*	*								
MT_YEAR	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
T30D	*	*	*	*	*	*	*			*	*
T5D	*	*	*	*	*	*	*			*	*
MANUEL_1	*	*		*							
MANUEL_2	*	*		*							
MANUEL_3	*	*	*	*							
MANUEL_4	*	*	*	*	*						
MANUEL_5	*	*	*	*	*						
MANUEL_6	*	*	*	*	*						
MANUEL_7	*	*	*	*	*						
MANUEL_8	*	*	*	*	*						
MANUEL_9	*	*	*	*	*						
MANUEL_10	*	*	*								
MANUEL_11	*	*	*								
MANUEL_12	*	*	*								
MANUEL_YEAR	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HGT	*	*	*	*		*	*				
LAT	*	*	*			*					
LON	*			*		*					
AWT_T_SOC	*				*						
T_BULK_DEN	*	*			*						
T_C	*	*		*							
T_CEC_CLAY	*		*								
T_CLAY	*		*								
T_GRAVEL	*				*						
T_OC	*		*	*							
T_PH_H2O	*	*		*							
T_REF_BULK	*				*						
T_SAND	*			*							
T_SILT	*	*		*							
MY	*	*	*	*	*	*	*	*		*	
MPT	*	*			*	*					

3.2.3 Belirtme katsayısı

Belirtme katsayısı, değişkendeki değişmelerin ne kadarının bağımsız değişkenlerdeki değişmelerle açıklanabileceğinim ölçülmesine yarayan ve modellerin başarısını ölçmede sıkça kullanılan bir yöntemdir. -1 ile 1 arasında değerler alabilir. $r^2 = 0.74$ gibi bir sonuç bağımlı değişkenin %74'ünün bağımsız değişkenlerle açıklanabileceğini ifade eder. Belirtme katsayısının matematiksel ifadesi şu şekildedir (Özmen vd. 2013):

$$r^2 = \frac{n\left(\sum xy\right) - \left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{\sqrt{\left(n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2\right)\left(n\sum y^2 - \left(\sum y\right)^2\right)}}$$

Bu formülde x gözlem değişkenini, y ise tahmin değişkenini ifade eder.

3.2.4 Nash-Sutcliff katsayısı

Nash-Sutcfill katsayısı (NS) özellikle hidrolojik modellerde model performansını ölçmeye yarayan bir yöntemdir. 1' yakın değerler alması istenir. 0.60'dan küçük değerler modelin başarısız olduğunu, 0.60 ile 0.90 arasındaki değerler modelin kabul edilebilinir seviyede olduğunu, 0.90'dan büyük değerler ise modelin çok başarılı olduğunu ifade eder. Bu yöntemin matematiksel ifadesi şu şekildedir (Apaydin vd. 2020):

$$NS = 1 - \frac{\sum \left(x_i - y_i\right)^2}{\sum \left(x_i - \overline{x}\right)^2}$$

Bu formülde x gözlem değişkenini, $\overline{x}$ gözlem değişkeninin ortalamasını ve y ise tahmin değişkenini ifade eder.

3.2.5 Ortalama mutlak yüzde hata

Ortalama mutlak yüzde hata (OMYH) oluşturulan modellerin başarısını ölçmek için en sık kullanılan yöntemlerden biridir. OMYH<%10 yüksek doğruluk oranına sahip modeli, %10< OMYH <%20 doğru tahminli modeli, %20<OMYH<%50 kabul edilebilir modeli, OMYH>%50 ise hatalı modeli ifade eder. Ortalama mutlak yüzde hatanın matematiksel ifadesi şu şekildedir (Myttenaera vd. 2016; Anonymous 2020d):

$$OMYH = \frac{1}{n} \sum |y - x|$$

Bu formülde x gözlem değişkenini, y tahmin değişkenini ve n ise toplam örnek sayısını ifade eder.

3.2.6 Ortalama mutlak hata

Ortalama mutlak hata (OMH) oluşturulan modellerin başarısını ölçmek için en sık kullanılan bir diğer yöntemdir. 0'a yakın değerler alması istenir. Ortalama mutlak hatanın matemetiksel ifadesi şu şekildedir (Myttenaera vd. 2016):

$$OMH = \frac{1}{n} \sum |y - x|$$

Bu formülde x gözlem değişkenini, y tahmin değişkenini ve n ise toplam örnek sayısını ifade eder.

3.2.7 Ortalama hata karelerinin karekökü

Ortalama hata karelerinin karekökü (OHKK) makine öğrenmesinde tahmin tutarlılığını ölçmek için sıklıkla kullanılan diğer bir istatistiksel yöntemdir. 0' a yakın değerler tahmini tutarlılığının yüksek olduğunu ifade eder. Ortalama hata karelerinin karekökünün matematiksel ifadesi şu şekildedir (Oğuz ve Pekin 2019):

$$OHKK = \sqrt{\frac{\sum (y - x)^2}{n}}$$

Bu formülde x gözlem değişkenini, y tahmin değişkenini ve n ise toplam örnek sayısını ifade eder.

3.3 Kullanılan Yazılımlar

Bu çalışmada açık kaynak kodlu ve ücretsiz yazılımlar kullanılmıştır. Girdi parametrelerine ait tanımlayıcı istatistikler Jasp0.14 yazılımıyla hesaplanmıştır. RHWSD v1.2 veri tabanından toprak parametreleri NCL6.4.0 programlama dili ile yazılmış kod aracılığı ile ayıklanmıştır. YSA modeli Python 3.8.0 programlama dili ve Keras kütüphanesi ile kodlanmıştır. YSA modelinin başarı istatistikleri Python'un Scikitlearn ve Hydroeval kütüphaneleri ile yazılmış kodlarla hesaplanmıştır. Grafikler Python'un Matplotlib kütüphanesi ile yazılmış kodlarla ve QGIS3.14 yazılımı ile çizilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Korelasyon Analizi Bulguları

Çizelge 4.1'de eğitim veri setindeki değişkenlerin yonca yeşil ot verimi ile korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.1 Korelasyon Çizelgesi

Değişken	r	Değişken	r	Değişken	r
MT_1	0.216	MANUEL_1	0.127	AWT_T_SOC	-0.092
MT_2	0.274	MANUEL_2	0.067	T_BULK_DEN	0.025
MT_3	0.270	MANUEL_3	-0.065	T_C	-0.219
MT_4	0.217	MANUEL_4	-0.142	T_CEC_CLAY	0.124
MT_5	0.236	MANUEL_5	-0.205	T_CLAY	-0.189
MT_6	0.158	MANUEL_6	0.001	T_GRAVEL	0.103
MT_7	0.194	MANUEL_7	-0.158	T_OC	-0.213
MT_8	0.188	MANUEL_8	-0.120	T_PH_H2O	0.105
MT_9	0.155	MANUEL_9	-0.087	T_REF_BULK	0.200
MT_10	0.128	MANUEL_10	-0.044	T_SAND	0.207
MT_11	0.186	MANUEL_11	-0.026	T_SILT	-0.071
MT_12	0.183	MANUEL_12	0.014	MY	0.916
MT_YEAR	0.237	MANUEL_YEAR	-0.066	MPT	-0.147
T30D	0.214	LAT	-0.141	HGT	-0.268
T5D	-0.148	LON	-0.498		

Çizelge 4.1'e göre ortama hava sıcaklıkları (MT) ile verim (Y) arasındaki korelasyonların tamamı pozitif yönlüdür. Ocak-Haziran arası MT parametrelerinin verimle olan korelasyonları Temmuz ve sonrası ayların korelasyonundan daha yüksektir. MT parametreleri ile yonca verimi arasındaki korelasyonlar incelendiğinde en yüksek pozitif korelasyon MT_2 (r=0.274) ile görülmüştür. T30D değişkeninin korelasyonu beklenenin aksine pozitif yönlü olduğu görülmektedir. T5D değişkenin korelasyonu ise negatif yönlüdür. Yağış değişkenleri (MANUEL) ile verim arasındaki korelasyonlar incelendiğinde Ocak, Şubat, Haziran ve Aralık ayları ile pozitif korelasyonlar görülmüş, diğer ayların korelasyonu ise beklenen aksine negatif yönlüdür. Yağışlar ile yonca verimi arasındaki korelasyonların şiddeti oldukça düşüktür. Yonca verimi ile boylam derecesi atasındaki korelasyon -0.498, yükseklikle korelasyon ise -0.268 olarak ölçülmüştür. Toprak değişkenleri ile verim arasındaki korelasyonlar incelendiğinde T_SAND (0.207) ve T_REF_BULK (0.200) parametreleri ile pozitif

yönlü ve daha belirgin korelasyon görülmüştür. Toprağın karbon içeriği ile ilgili değişkenlerle (T_C, T_OC) verim arasındaki korelasyonlar negatif yönlü ölçülmüştür. Ortalama yonca verimi (MY) ile verim arasındaki korelasyon beklenildiği gibi oldukça yüksektir.

4.2 YSA Modeli Bulguları

Oluşturulan veri setinin rastgele seçilen %80'i (614 satır) eğitim, %20'si (153 satır) ise test veri seti olacak şekilde iki ayrı veri setine bölünmüştür. Test veri seti oluşturulurken her bir ilin verilerinden en az bir verinin bu veri setinde olmasına özen gösterilmiştir. Eğitim veri setinin (614 satır verinin) %20'lik kısmı ise YSA modelinin eğitimi aşamasında validasyon verisi olarak kullanımı keras kütüphanesi fonksiyonuna tanımlanmıştır. Validasyon verisi yazılım tarafından rastgele seçilmiştir. Oluşturulan bu veri setleri ile YSA modeli eğitilmiştir. Bu çalışmada incelenen 176 farklı YSA senaryonun başarım istatistikleri çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri

					r^2		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	**Neron**	**Epoch**	**lr**	**decay**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Sen. No**
s1 (44 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.843	0.817	0.81	0.805	15.78	15.86	361.56	396.12	604.73	664.14	1
				0.01	0.344	0.309	-1.894	-1.832	37.96	38.76	937.57	1023.61	1234.95	1291.31	2
			0.001	0.001	0.848	0.817	0.822	0.809	15.45	16.57	345.59	404.55	594.60	665.01	3
				0.01	0.842	0.815	0.817	0.81	15.62	16.34	356.85	400.91	605.19	668.00	4
		300	0.0001	0.001	0.845	0.819	0.816	0.81	15.88	16.17	354.26	393.09	599.98	661.89	5
				0.01	0.586	0.571	-0.663	-0.55	42.17	37.45	733.29	791.72	980.89	1017.86	6
			0.001	0.001	0.797	0.771	0.779	0.78	20.23	22.55	426.15	491.94	687.27	743.32	7
				0.01	**0.847**	**0.82**	**0.817**	**0.809**	**15.53**	**16.35**	**348.78**	**394.04**	**597.21**	**660.10**	**8**
	200X100	150	0.0001	0.001	0.841	0.811	0.806	0.793	17.36	19.49	362.55	420.73	607.65	675.31	9
				0.01	0.815	0.814	0.695	0.735	25.49	22.17	448.41	458.72	656.25	670.88	10
			0.001	0.001	0.796	0.768	0.794	0.794	20.79	22.88	421.92	482.10	689.37	748.38	11
				0.01	0.846	0.817	0.818	0.807	15.97	16.98	350.85	401.60	598.11	664.41	12
		300	0.0001	0.001	0.845	0.815	0.815	0.801	16.37	18.08	352.61	408.92	599.37	668.59	13
				0.01	0.836	0.825	0.774	0.79	19.04	17.51	385.94	400.47	617.20	650.60	14
			0.001	0.001	0.782	0.755	0.771	0.772	20.94	23.41	434.49	508.23	711.40	768.97	15
				0.01	0.845	0.814	0.815	0.801	16.37	18.15	352.11	411.31	599.39	669.99	16
s2 (36 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.838	0.806	0.803	0.789	17.86	20.19	367.86	426.24	614.36	684.08	17
				0.01	0.616	0.621	-0.32	-0.141	32.43	30.90	679.59	732.40	944.88	957.14	18
			0.001	0.001	0.646	0.631	0.618	0.645	27.39	29.48	598.15	656.35	906.49	944.20	19
				0.01	**0.844**	**0.823**	**0.813**	**0.812**	**15.82**	**16.25**	**351.83**	**391.54**	**601.30**	**654.65**	**20**
		300	0.0001	0.001	0.843	0.814	0.81	0.8	16.64	17.83	356.72	406.47	604.55	670.37	21
				0.01	0.791	0.79	0.592	0.641	27.52	24.77	487.67	508.10	696.82	711.47	22
			0.001	0.001	0.833	0.801	0.814	0.804	17.24	19.51	372.07	443.72	622.54	692.39	23
				0.01	0.846	0.819	0.817	0.809	15.54	15.95	350.74	395.72	598.42	660.60	24
	200X100	150	0.0001	0.001	0.841	0.816	0.816	0.812	15.82	16.14	358.75	396.31	607.07	667.07	25
				0.01	0.827	0.817	0.744	0.763	20.52	18.94	410.66	432.67	634.62	663.88	26
			0.001	0.001	0.794	0.768	0.787	0.788	20.55	22.90	421.43	484.23	691.86	748.93	27
				0.01	0.842	0.82	0.815	0.814	15.80	16.57	357.37	398.99	605.90	659.56	28
		300	0.0001	0.001	0.844	0.818	0.811	0.804	16.38	17.86	354.49	407.07	602.53	663.16	29
				0.01	0.827	0.814	0.736	0.752	23.25	21.11	419.97	446.14	633.29	670.03	30
			0.001	0.001	0.762	0.742	0.746	0.755	21.84	24.44	460.60	535.48	744.07	789.88	31
				0.01	0.846	0.82	0.82	0.812	15.46	16.22	347.05	394.19	597.38	659.93	32

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri (devam)

					r^2		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	**Neron**	**Epoch**	**lr**	**decay**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Sen. No**
s3 (30 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.846	0.82	0.821	0.814	15.77	16.09	353.75	392.43	598.09	659.93	33
				0.01	0.803	0.806	0.645	0.697	29.38	25.89	476.93	485.12	676.52	684.51	34
			0.001	0.001	0.85	0.816	0.824	0.809	15.08	16.41	344.31	396.42	590.81	666.74	35
				0.01	0.848	0.818	0.822	0.811	15.39	16.11	347.69	392.94	595.27	663.64	36
		300	0.0001	0.001	0.846	0.817	0.822	0.814	15.77	16.09	352.88	392.02	599.19	664.32	37
				0.01	**0.842**	**0.825**	**0.805**	**0.808**	**16.56**	**16.00**	**366.27**	**390.71**	**605.66**	**650.20**	**38**
			0.001	0.001	0.853	0.812	0.831	0.809	14.91	16.76	338.75	403.42	584.06	673.26	39
				0.01	0.848	0.818	0.822	0.812	15.44	16.12	348.08	393.49	595.17	662.39	40
	200X100	150	0.0001	0.001	0.846	0.819	0.821	0.814	15.63	16.25	350.68	393.53	597.87	661.94	41
				0.01	0.844	0.82	0.818	0.814	16.09	16.13	356.65	390.36	601.56	658.77	42
			0.001	0.001	0.851	0.816	0.824	0.805	14.82	16.63	342.16	401.37	587.79	667.33	43
				0.01	0.847	0.817	0.822	0.812	15.29	16.19	347.71	393.81	595.50	664.16	44
		300	0.0001	0.001	0.847	0.819	0.821	0.814	15.42	16.14	349.26	391.98	597.21	660.79	45
				0.01	0.843	0.821	0.816	0.815	16.18	16.25	357.88	391.41	604.23	657.77	46
			0.001	0.001	0.856	0.812	0.833	0.806	14.59	17.31	333.17	408.40	579.37	673.82	47
				0.01	0.848	0.816	0.824	0.812	15.29	16.34	346.16	396.69	594.06	667.06	48
s4 (30 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.845	0.82	0.821	0.815	15.82	15.98	353.48	388.34	599.87	659.52	49
				0.01	0.822	0.823	0.724	0.762	21.99	19.23	424.96	424.73	643.96	653.75	50
			0.001	0.001	0.852	0.815	0.829	0.811	15.21	16.52	341.60	399.16	586.18	669.00	51
				0.01	0.847	0.819	0.822	0.814	15.63	16.00	349.55	390.97	596.54	661.14	52
		300	0.0001	0.001	0.845	0.82	0.82	0.814	15.76	16.07	352.87	391.10	600.30	659.81	53
				0.01	**0.834**	**0.827**	**0.758**	**0.777**	**20.33**	**19.23**	**395.93**	**416.60**	**620.57**	**647.21**	**54**
			0.001	0.001	0.854	0.82	0.827	0.81	14.79	16.37	337.30	391.64	583.29	659.66	55
				0.01	0.847	0.819	0.823	0.814	15.44	16.12	348.24	391.62	595.89	661.83	56
	200X100	150	0.0001	0.001	0.846	0.819	0.822	0.815	15.61	16.00	349.38	389.44	597.35	661.28	57
				0.01	0.844	0.821	0.815	0.813	16.17	16.19	357.28	391.33	602.33	657.29	58
			0.001	0.001	0.853	0.81	0.83	0.804	15.86	17.38	344.04	411.07	584.46	677.91	59
				0.01	0.848	0.818	0.824	0.813	15.35	16.13	345.75	392.88	593.44	663.09	60
		300	0.0001	0.001	0.847	0.82	0.822	0.815	15.37	15.88	347.43	388.80	595.88	659.70	61
				0.01	0.844	0.821	0.819	0.816	15.88	15.81	356.34	387.40	602.89	658.32	62
			0.001	0.001	0.857	0.818	0.831	0.809	14.38	16.59	330.51	393.73	577.28	663.78	63
				0.01	0.848	0.819	0.823	0.813	15.22	15.94	344.67	390.64	593.58	660.61	64

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri (devam)

					r²		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	**Neron**	**Epoch**	**lr**	**decay**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Sen. No**
s5 (22 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.837	0.811	0.803	0.795	17.72	19.44	369.45	419.62	615.20	674.84	65
				0.01	0.75	0.752	0.471	0.542	24.88	23.63	531.42	560.45	762.11	773.92	66
			0.001	0.001	0.827	0.787	0.806	0.786	19.76	21.77	394.00	459.61	634.93	717.47	67
				0.01	0.835	0.813	0.811	0.812	16.53	17.46	370.99	409.44	619.87	671.18	68
		300	0.0001	0.001	0.844	0.818	0.813	0.806	15.90	16.49	353.99	395.77	602.40	663.22	69
				0.01	0.423	0.411	-0.738	-0.683	34.44	36.65	884.47	955.06	1158.36	1192.59	70
			0.001	0.001	0.831	0.793	0.799	0.779	19.06	21.54	376.27	444.12	626.81	706.37	71
				0.01	0.844	0.819	0.818	0.813	15.84	16.05	352.89	392.95	601.83	661.31	72
	200X100	150	0.0001	0.001	0.841	0.82	0.813	0.813	15.80	15.98	359.44	392.28	608.64	659.66	73
				0.01	0.813	0.803	0.722	0.746	25.42	22.73	453.17	473.81	660.12	690.57	74
			0.001	0.001	0.837	0.81	0.82	0.816	16.62	18.02	360.20	420.00	615.16	676.81	75
				0.01	0.821	0.789	0.785	0.771	20.54	22.86	397.53	454.50	645.12	714.14	76
		300	0.0001	0.001	0.833	0.81	0.811	0.811	16.71	17.74	373.53	415.59	622.76	677.34	77
				0.01	**0.828**	**0.822**	**0.751**	**0.774**	**21.03**	**18.98**	**410.51**	**424.64**	**632.28**	**655.79**	**78**
			0.001	0.001	0.839	0.813	0.817	0.812	15.64	16.81	355.20	410.64	610.88	672.38	79
				0.01	0.84	0.812	0.81	0.8	17.22	18.89	360.91	414.39	609.10	673.58	80
s6 (9 girdi)	100X50	150	0.0001	0.001	0.827	0.81	0.802	0.811	17.81	18.79	386.92	420.27	634.48	676.96	81
				0.01	0.719	0.713	0.285	0.36	30.78	27.88	579.05	617.22	808.03	831.77	82
			0.001	0.001	0.798	0.783	0.781	0.796	20.50	22.17	428.73	469.30	684.58	724.28	83
				0.01	0.842	0.815	0.812	0.804	16.84	17.99	359.18	406.97	605.71	668.78	84
		300	0.0001	0.001	0.843	0.82	0.813	0.813	15.95	15.96	356.48	388.95	604.71	659.10	85
				0.01	0.796	0.784	0.635	0.659	22.86	21.62	462.01	505.48	688.87	722.06	86
			0.001	0.001	0.686	0.627	0.651	0.613	30.89	35.74	522.95	602.12	853.68	949.02	87
				0.01	0.842	0.819	0.817	0.815	15.89	16.20	355.69	394.39	605.54	661.68	88
	200X100	150	0.0001	0.001	0.798	0.781	0.779	0.791	20.44	22.41	430.36	476.71	685.30	727.63	89
				0.01	0.822	0.801	0.727	0.731	24.07	22.76	431.01	478.62	643.23	692.65	90
			0.001	0.001	0.781	0.75	0.795	0.797	22.48	23.88	446.52	500.35	712.74	776.20	91
				0.01	0.843	0.819	0.817	0.814	15.71	15.90	354.21	389.77	604.73	661.35	92
		300	0.0001	0.001	0.841	0.812	0.809	0.799	16.83	18.46	359.09	412.08	607.51	673.88	93
				0.01	**0.834**	**0.823**	**0.78**	**0.796**	**19.04**	**17.17**	**388.61**	**401.76**	**621.17**	**653.12**	**94**
			0.001	0.001	0.836	0.804	0.804	0.792	17.97	20.30	367.02	430.18	618.25	688.47	95
				0.01	0.842	0.816	0.813	0.808	16.57	17.62	357.11	402.88	606.10	666.26	96

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri (devam)

					r^2		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	**Neron**	**Epoch**	**lr**	**decay**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Sen. No**
s7 (6 girdi)	200X100	150	0.0001	0.001	0.844	0.819	0.819	0.816	15.90	15.99	355.52	387.90	602.30	660.62	97
				0.01	0.843	0.823	0.81	0.81	16.25	16.27	359.46	392.03	603.48	652.95	98
			0.001	0.001	0.844	0.814	0.822	0.813	16.41	17.00	357.77	402.24	602.83	670.51	99
				0.01	0.844	0.819	0.818	0.815	15.85	16.09	355.03	389.05	602.36	660.40	100
		300	0.0001	0.001	0.844	0.818	0.82	0.816	15.99	16.29	355.98	390.95	602.65	662.06	101
				0.01	**0.843**	**0.822**	**0.815**	**0.813**	**16.19**	**16.21**	**357.83**	**390.77**	**603.19**	**656.22**	**102**
			0.001	0.001	0.844	0.821	0.816	0.814	15.70	15.94	354.65	387.05	602.10	656.71	103
				0.01	0.844	0.82	0.819	0.816	15.90	16.13	355.13	388.91	602.42	660.06	104
	100X50	150	0.0001	0.001	0.843	0.818	0.819	0.814	16.10	16.39	356.96	392.84	603.35	662.99	105
				0.01	0.829	0.821	0.749	0.767	19.78	18.24	409.48	423.69	631.00	657.43	106
			0.001	0.001	0.844	0.82	0.818	0.815	15.82	16.21	354.23	390.07	601.54	659.53	107
				0.01	0.844	0.819	0.819	0.815	15.83	16.09	355.04	389.24	602.27	660.49	108
		300	0.0001	0.001	0.843	0.819	0.82	0.816	15.99	16.36	356.50	393.53	603.19	661.72	109
				0.01	**0.841**	**0.827**	**0.798**	**0.807**	**17.31**	**16.41**	**372.18**	**391.40**	**608.52**	**646.29**	**110**
			0.001	0.001	0.844	0.819	0.819	0.815	15.85	16.19	354.50	390.26	601.79	660.88	111
				0.01	0.844	0.82	0.818	0.815	15.89	16.12	356.14	390.26	603.09	659.76	112
s8 (3 girdi)	200X100	150	0.0001	0.001	0.843	0.82	0.819	0.817	15.90	15.90	356.20	388.06	603.35	659.63	113
				0.01	0.843	0.821	0.817	0.816	15.96	15.82	356.76	386.24	603.15	656.67	114
			0.001	0.001	0.843	0.817	0.822	0.817	16.00	16.18	356.84	392.46	603.47	663.92	115
				0.01	0.843	0.819	0.819	0.817	15.90	15.88	356.04	387.96	603.09	660.21	116
		300	0.0001	0.001	0.843	0.819	0.82	0.817	15.94	15.86	356.25	388.24	603.13	660.71	117
				0.01	0.843	0.82	0.818	0.816	16.10	16.08	358.44	389.54	603.90	658.42	118
			0.001	0.001	0.844	0.818	0.821	0.817	15.93	16.03	356.19	390.28	603.08	662.36	119
				0.01	0.843	0.819	0.82	0.817	15.90	15.94	356.11	388.93	603.23	660.99	120
	100X50	150	0.0001	0.001	0.843	0.82	0.819	0.817	15.91	15.89	356.40	387.97	603.34	659.57	121
				0.01	**0.841**	**0.826**	**0.794**	**0.804**	**17.99**	**16.94**	**373.36**	**391.06**	**608.36**	**647.59**	**122**
			0.001	0.001	0.843	0.82	0.819	0.817	15.84	15.80	356.03	386.92	603.27	658.98	123
				0.01	0.843	0.819	0.82	0.817	15.96	15.93	356.61	388.96	603.42	660.85	124
		300	0.0001	0.001	0.843	0.82	0.819	0.816	15.97	15.89	356.97	387.78	603.40	659.40	125
				0.01	0.843	0.824	0.809	0.812	16.29	15.88	360.19	384.96	603.73	651.47	126
			0.001	0.001	0.843	0.82	0.818	0.816	15.85	15.78	356.26	386.59	603.35	658.43	127
				0.01	0.844	0.82	0.819	0.817	15.88	15.87	356.02	387.69	603.08	659.94	128

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri (devam)

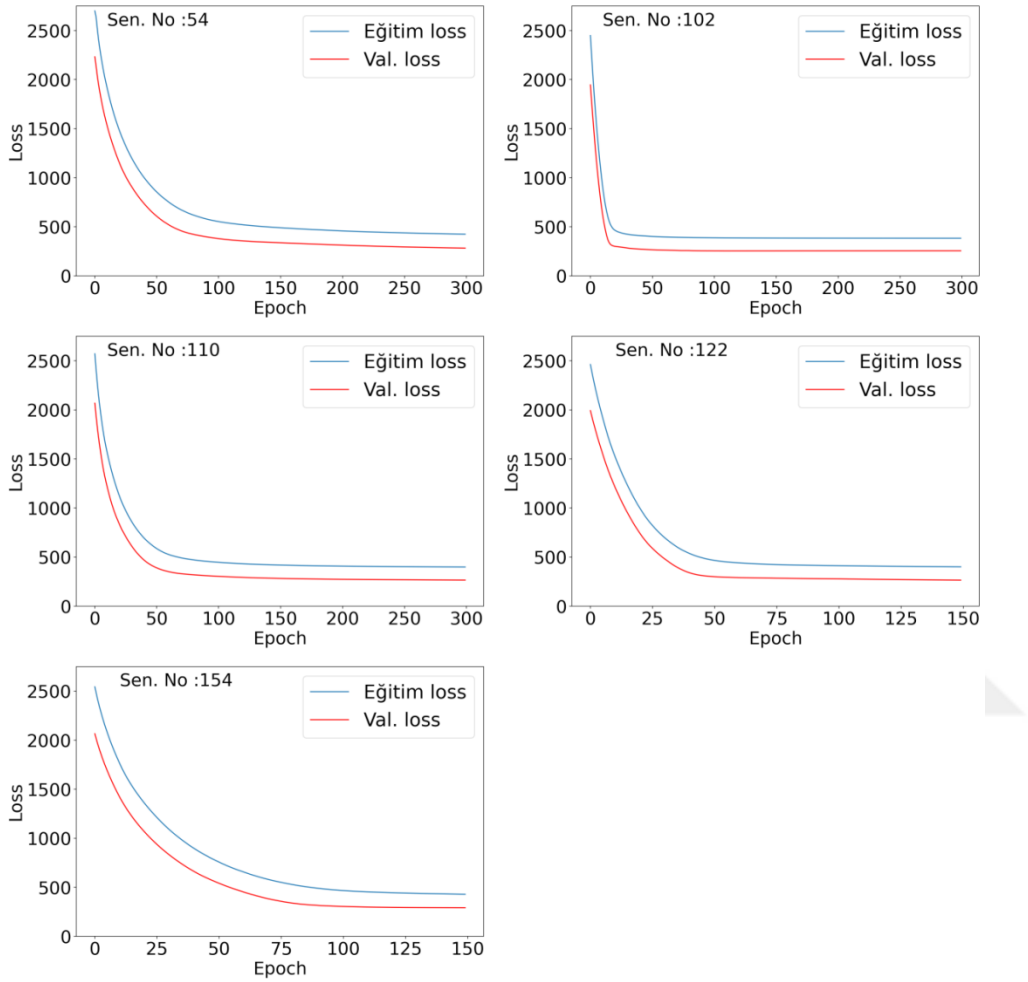
					r²		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	**Neron**	**Epoch**	**lr**	**decay**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Eğitim**	**Test**	**Sen. No**
s9 (2 girdi)	200X100	150	0.0001	0.001	-0.513	-0.462	-3.432	-4.207	84.21	72.00	1454.93	1504.36	1875.11	1878.62	129
				0.01	-1.096	-1.292	-21.559	-28.997	64.87	59.84	1702.89	1843.31	2207.03	2352.52	130
			0.001	0.001	-0.098	-0.08	-8.528	-9.898	70.51	62.77	1258.04	1301.12	1597.72	1615.12	131
				0.01	-0.497	-0.454	-3.617	-4.452	82.99	71.24	1446.16	1500.88	1865.52	1873.47	132
		300	0.0001	0.001	-0.508	-0.463	-3.547	-4.365	83.38	71.47	1451.43	1505.08	1872.05	1879.42	133
				0.01	-0.556	-0.573	-4.699	-6.002	76.97	67.04	1461.69	1547.80	1901.80	1948.66	134
			0.001	0.001	**-0.011**	**-0.02**	**-4.046**	**-4.362**	**58.01**	**56.55**	**1203.79**	**1265.49**	**1533.11**	**1569.73**	**135**
				0.01	-0.484	-0.439	-3.669	-4.509	82.79	71.13	1439.98	1494.12	1856.91	1864.01	136
	100X50	150	0.0001	0.001	-0.519	-0.468	-3.416	-4.191	84.27	72.03	1457.59	1507.33	1878.73	1882.77	137
				0.01	-1.475	-1.723	-48.964	-65.831	67.03	65.51	1896.57	2072.56	2398.36	2564.06	138
			0.001	0.001	-0.336	-0.312	-5.147	-6.34	76.88	67.26	1367.30	1430.14	1762.11	1780.05	139
				0.01	-0.506	-0.458	-3.524	-4.329	83.58	71.61	1450.73	1502.97	1870.58	1876.48	140
		300	0.0001	0.001	-0.507	-0.463	-3.556	-4.376	83.32	71.43	1451.04	1504.94	1871.65	1879.22	141
				0.01	-1.231	-1.448	-28.868	-38.848	65.26	61.67	1771.95	1927.60	2276.82	2431.06	142
			0.001	0.001	-0.285	-0.263	-5.743	-7.043	75.46	66.25	1343.77	1404.03	1727.84	1746.40	143
				0.01	-0.501	-0.457	-3.585	-4.411	83.18	71.35	1448.14	1502.22	1867.87	1875.36	144
s10 (4 girdi)	200X100	150	0.0001	0.001	0.844	0.82	0.818	0.815	16.03	16.04	356.40	389.84	603.05	659.99	145
				0.01	0.844	0.822	0.814	0.813	16.08	16.21	357.20	390.04	603.07	656.37	146
			0.001	0.001	0.844	0.817	0.82	0.815	16.04	16.22	355.94	392.15	602.66	664.42	147
				0.01	0.844	0.82	0.818	0.815	15.88	15.91	355.62	387.81	602.96	659.88	148
		300	0.0001	0.001	0.843	0.82	0.817	0.815	15.93	16.05	356.03	389.38	603.10	659.55	149
				0.01	0.843	0.819	0.819	0.816	16.03	15.98	356.99	389.21	603.23	660.48	150
			0.001	0.001	0.844	0.817	0.821	0.816	15.93	16.17	355.50	391.09	602.59	664.22	151
				0.01	0.844	0.82	0.819	0.816	15.92	16.04	355.76	389.33	603.05	660.10	152
	100X50	150	0.0001	0.001	0.843	0.822	0.818	0.817	15.97	15.98	357.12	387.60	603.38	655.61	153
				0.01	**0.831**	**0.827**	**0.755**	**0.782**	**20.53**	**18.48**	**402.13**	**406.16**	**626.47**	**646.48**	**154**
			0.001	0.001	0.844	0.82	0.819	0.816	15.85	15.95	355.51	388.42	603.03	660.18	155
				0.01	0.844	0.82	0.817	0.815	15.94	16.01	356.17	388.94	603.00	659.09	156
		300	0.0001	0.001	0.843	0.821	0.818	0.817	16.01	16.08	357.09	389.72	603.89	657.11	157
				0.01	0.836	0.826	0.777	0.791	18.95	17.78	389.68	401.90	617.02	647.84	158
			0.001	0.001	0.843	0.818	0.821	0.816	15.94	16.09	356.13	391.29	603.30	663.62	159
				0.01	0.844	0.82	0.818	0.815	15.96	16.04	356.01	389.37	603.01	659.61	160

Çizelge 4.2 YSA senaryoları başarım istatistikleri (devam)

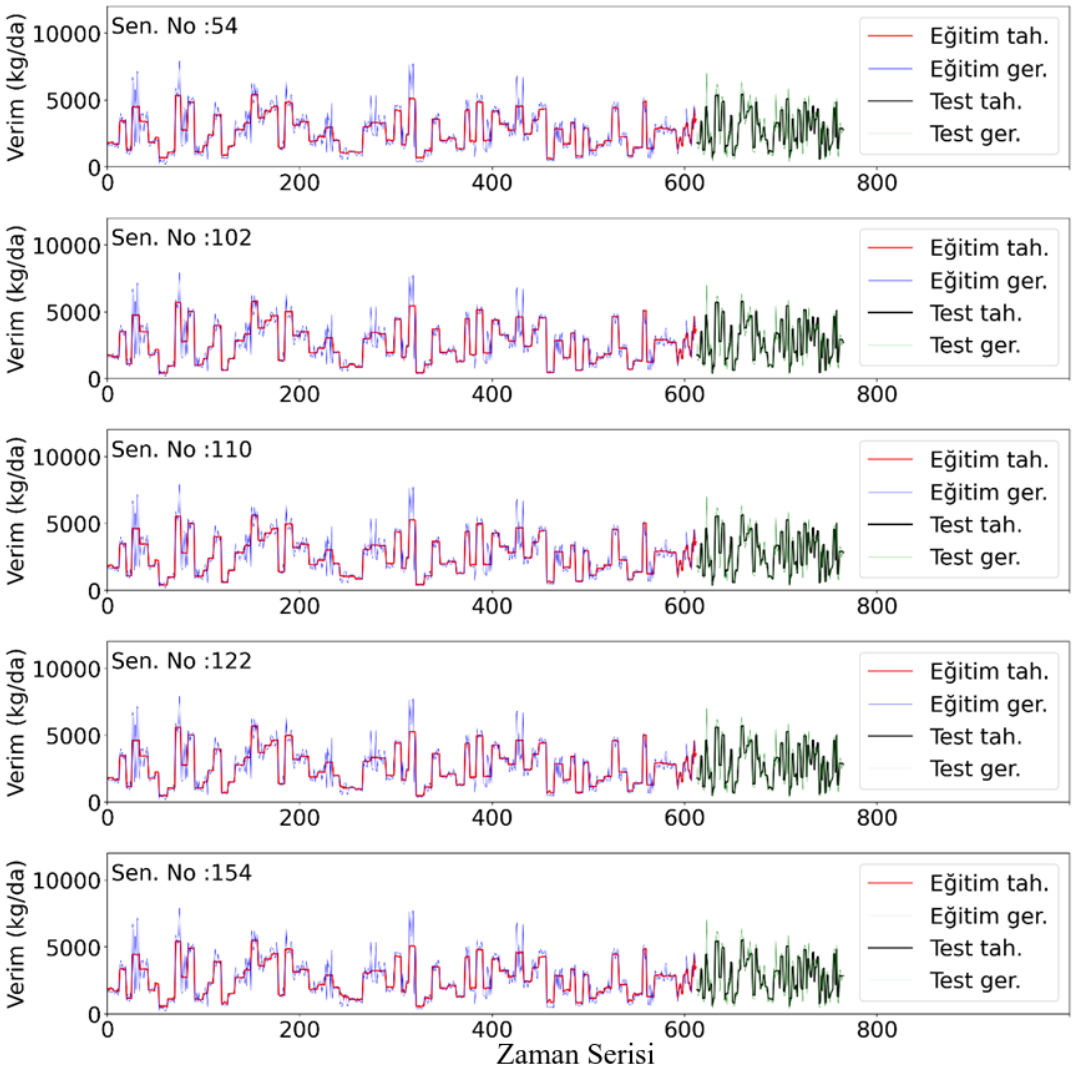
					r^2		NS		OMYH		OMH		OHKK		
Girdi Sen.	Neron	Epoch	lr	decay	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Sen. No
s11 (3 girdi)	200X100	150	0.0001	0.001	-0.242	-0.265	-8.668	-10.642	81.48	72.16	1332.08	1426.25	1698.79	1748.00	161
				0.01	-0.522	-0.596	-8.053	-10.532	70.64	63.10	1433.69	1546.97	1880.82	1963.41	162
			0.001	0.001	**-0.169**	**-0.189**	**-3.466**	**-4.211**	**62.17**	**60.13**	**1280.06**	**1345.75**	**1648.03**	**1694.66**	**163**
				0.01	-0.143	-0.212	-8.618	-10.927	67.08	63.95	1271.83	1386.83	1630.16	1710.49	164
		300	0.0001	0.001	-0.158	-0.201	-12.228	-14.568	81.29	73.33	1298.27	1404.79	1640.79	1702.96	165
				0.01	-0.449	-0.499	-6.974	-8.979	74.68	66.23	1408.83	1516.12	1834.79	1902.24	166
			0.001	0.001	-0.192	-0.223	-3.608	-4.396	60.93	59.36	1283.29	1360.00	1664.25	1718.54	167
				0.01	-0.129	-0.197	-9.745	-12.191	69.10	65.17	1271.75	1383.91	1620.18	1699.75	168
	100X50	150	0.0001	0.001	-0.308	-0.315	-6.555	-8.145	81.19	71.31	1361.07	1447.11	1743.74	1781.86	169
				0.01	-1.145	-1.362	-31.508	-42.475	64.28	60.32	1728.95	1883.26	2232.80	2388.02	170
			0.001	0.001	-0.191	-0.22	-3.595	-4.357	61.06	59.33	1283.47	1357.45	1663.77	1716.12	171
				0.01	-0.141	-0.184	-12.47	-15.059	79.65	72.34	1289.88	1396.04	1628.32	1691.02	172
		300	0.0001	0.001	-0.211	-0.256	-10.989	-13.276	81.27	72.44	1318.73	1421.83	1677.96	1741.17	173
				0.01	-0.871	-1.037	-16.442	-22.007	64.71	58.89	1590.51	1725.07	2085.37	2218.01	174
			0.001	0.001	-0.186	-0.216	-3.516	-4.342	60.69	59.30	1280.17	1357.14	1660.07	1713.54	175
				0.01	-0.145	-0.201	-13.305	-15.935	79.58	72.55	1291.86	1405.94	1630.99	1702.75	176

Çizelge 4.2'ye göre 300 epoch'la eğitilmiş modeller 150 epoch'la eğitilmiş modellere göre daha başarılı olmuş, 100X50 neronlu YSA modelleri 200X100 neronlu modellere göre daha iyi performans göstermiş, lr=0.0001 ve decay=0.01 olan YSA modelleri, lr=0.001 ve decay=0.001 olan YSA modellerine göre daha iyi sonuçlar sergilemiştir. Çizelge 4.2'den en başarısız modellerin girdi senaryosu S9 ve S11 olan modellerin olduğu anlaşılmaktadır. Bu modeller test/eğitim veri setleriyle korelasyon yakalayamamış ve OHKK değerleri oldukça yüksek gerçekleşmiştir. S9 ve S11 girdi senaryolarının ortak özelliği girdi değişkenleri arasında MY (2010-2019 yılları arası ortalama verim) değişkeninin olmamasıdır. Çizelge 4.2'ye göre senaryo no 54, 102, 110, 122 ve 154 olan modellerin test veri seti belirtme katsayısı diğer modellerin katsayısından daha yüksek (0.826'nın üzerinde), OHKK değeri ise daha düşüktür (647.529'un altında). Bu senaryoların diğer değerlendirme kriterleri de diğer senaryolara göre daha iyi seviyededir. Bu bulgular bu senaryoların diğer senaryolardan

daha başarılı olduğuna işaret etmektedir. Şekil 4.1'de senaryo no 54, 102, 110, 122 ve 154 olan modellerin loss grafikleri, şekil 4.2'de ise gerçek verim-tahmini verim zaman serisi grafikleri gösterilmiştir.



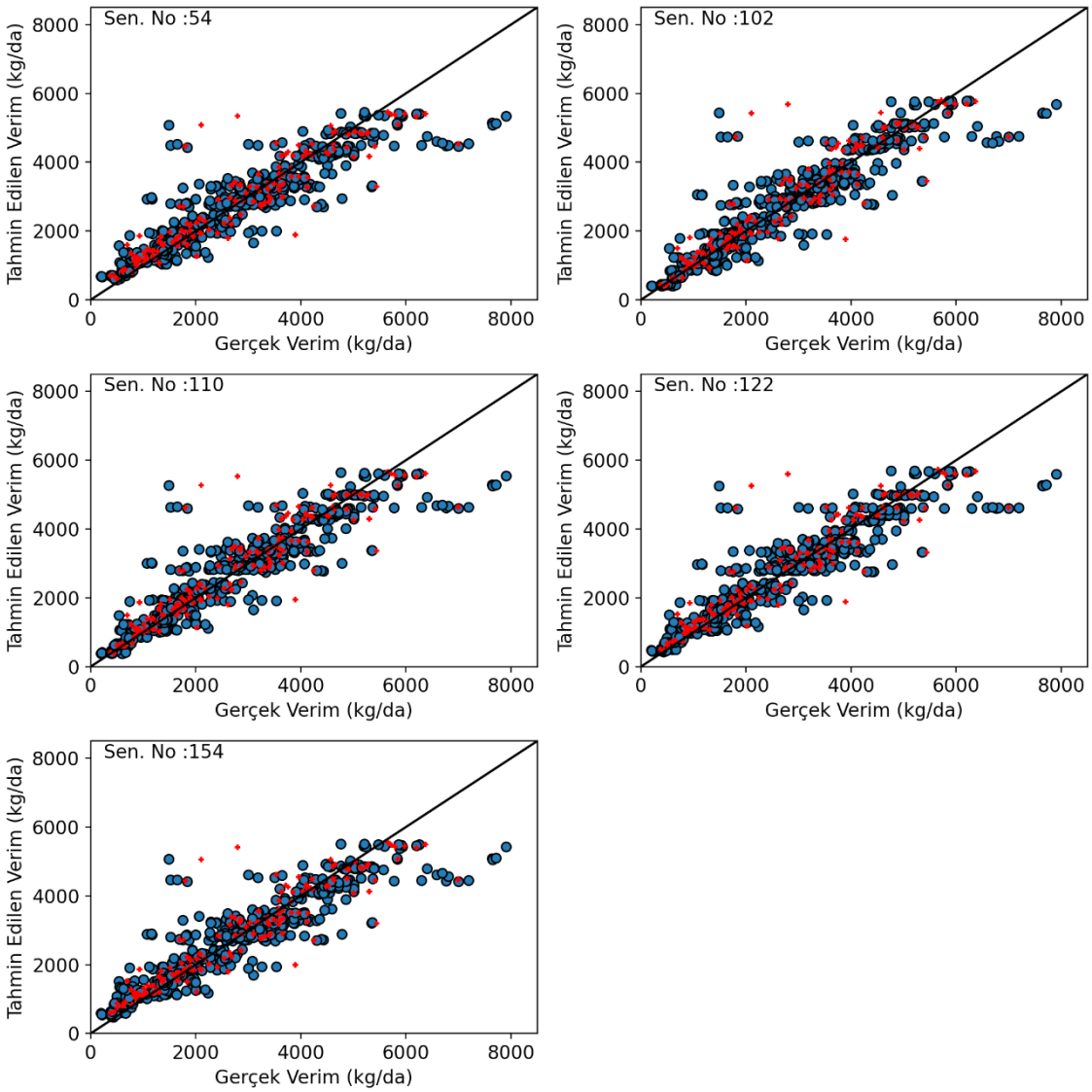
Şekil 4.1 Loss grafikleri



Şekil 4.2 Tahmin edilen verim-gerçek verim grafikleri

Şekil 4.1'e göre beş modelde de epoch sayısı arttıkça hata miktarı azalmış ve buna paralel biçimde validasyon aşaması hata miktarı da azalmıştır. Öğrenme işleminin tamamlanmasıyla hata miktarı sabitleşmiş, eğitim ve validasyon eğrileri birbirine paralelleşmiştir. Şekil 4.2 incelendiğinde beş modelinde tahmin ettiği verimin salınımının büyük oranda gerçek verimin salınımıyla uyum sergilediği anlaşılmaktadır. Bu durum modellerin verimdeki değişimin yönünü tahmin etmede oldukça başarılı olduğuna işaret etmektedir. Bu grafikten anlaşılan bir diğer nokta ise modellerin yüksek verimi tahmin etmede başarısının bir miktar düşük olduğudur. Bu durum, kullanılan veri setinde yüksek miktarda verimle karşılaşılan dönemlerin daha az olması ve bunun sonucunda YSA modellerinin bu dönemleri doğru bir şekilde öğrenememesi ile ilgilidir.

Şekil 4.3'de senaryo no 54, 102, 110, 122 ve 154 olan YSA modellerinin saçılım grafikleri verilmiştir. Şekil 4.3'e göre bu YSA modellerinden elde edilen verim değerlerinin 1:1 çizgisiyle büyük oranda uyum yakaladığı anlaşılmaktadır.



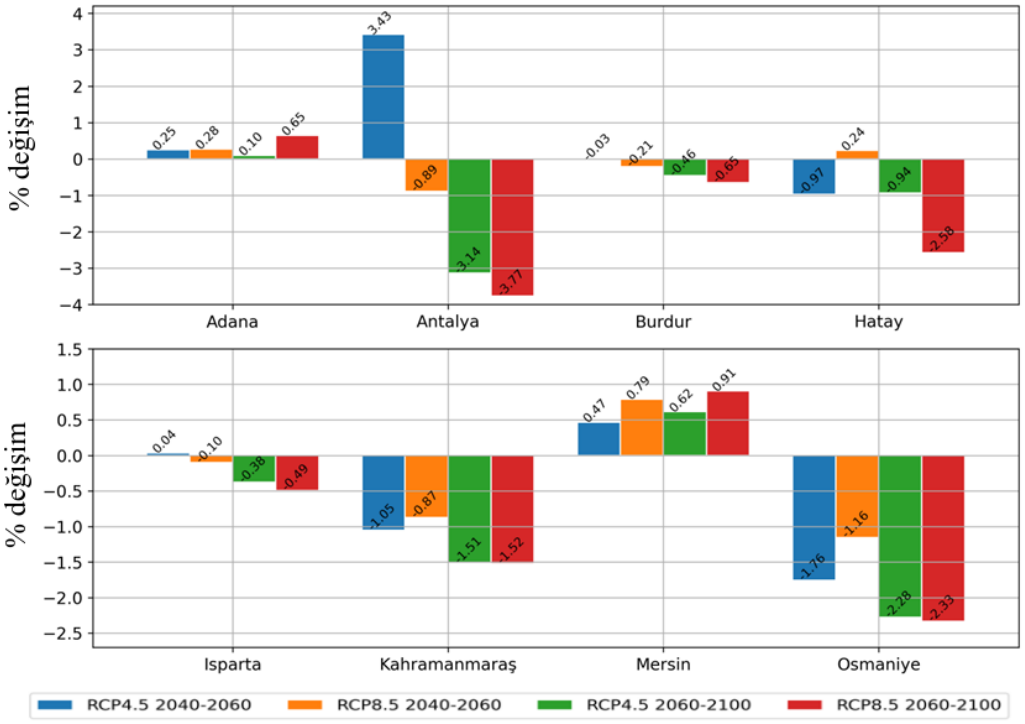
Şekil 4.3 Saçılım grafikleri (mavi eğitim, kırmızı test veri seti)

Çizelge 4.1, şekil 4.1, şekil 4.2 ve şekil 4.3'de ki başarı kriterleri ve gerekli input parametre sayısı bir arada değerlendirildiğinde en başarılı iki modelin senaryo no 154 ve 110 olan modeller olduğu anlaşılmaktadır. Bu iki modelin test istatistiklerinde belirgin bir farklılık yoktur. Ancak senaryo no 110 olan modelde 6 adet (MT_YEAR, T30D, T5D, MANUEL_YEAR, HGT, MY) girdi parametresi, senaryo no 154 olan modelde

ise 4 adet (T30D, T5D, MANUEL_YEAR ve MY) girdi parametresi bulunmaktadır. Bütün bu bulgulara göre senaryo no 154 olan model daha az girdi parametresine sahiptir ve daha kullanışlı konumdadır. Bundan dolayı çalışmanın bir sonraki bölümü olan "gelecek yıllarda ki yonca verimi değişimi öngörüsü" bölümü senaryo no 154 olan model esas alınarak yapılacaktır. Senaryo no 154 olan YSA modelinin test veri seti ile r^2 katsayısı 0.827'dir. Bu katsayısı modelin veri seti varyasyonun %82.7'sini açıklayabildiğine işaret etmektedir. NS katsayısı 0.782'dir. Bu katsayıya göre model kabul edilebilinir model sınıfındadır. OMYH değeri 14.480'dir. Bu değere göre model doğru tahmin modeli sınıfındadır. OMH ve OHKK değerleri ise sırasıyla 406.162 kg/da ve 646.484 kg/da'dır. Bu iki değerde kabul edilebilinir seviyededir. Bu modelin girdi parametreleri yıllık T>30 °C gün sayısı (T30D), yıllık T<5 °C gün sayısı (T5D), yıllık toplam yağış (MANUEL_YEAR) ve 2010-2019 yılları arası ortalama verim (MY) parametreleridir.

4.3 YSA Modeli ile Yonca Verimi Projeksiyonları

Yonca verimi değişimi, senaryo no:154 ile tahmin edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle çalışma kapsamındaki 79 ilin referans dönemi (1979-2000) yonca verimi hesaplanmıştır. İkinci aşamada çalışma kapsamındaki 79 ilin 2020-2060 ve 2060-2100 dönemleri iyimser (RCP4.5) ve kötümser (RCP8.5) iklim projeksiyonu ile yonca verimi değişimi tahmin edilmiştir. Bu yonca verimi projeksiyonları, referans dönemi verimi ile yüzde değişim cinsinden kıyaslanmıştır. Çalışma kapsamındaki 79 il bulundukları bölgelere göre grafik haline getirilerek sunulmuştur. Şekil 4.4'de Akdeniz bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonu sonuçları, çizelge 4.3'de ise Akdeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



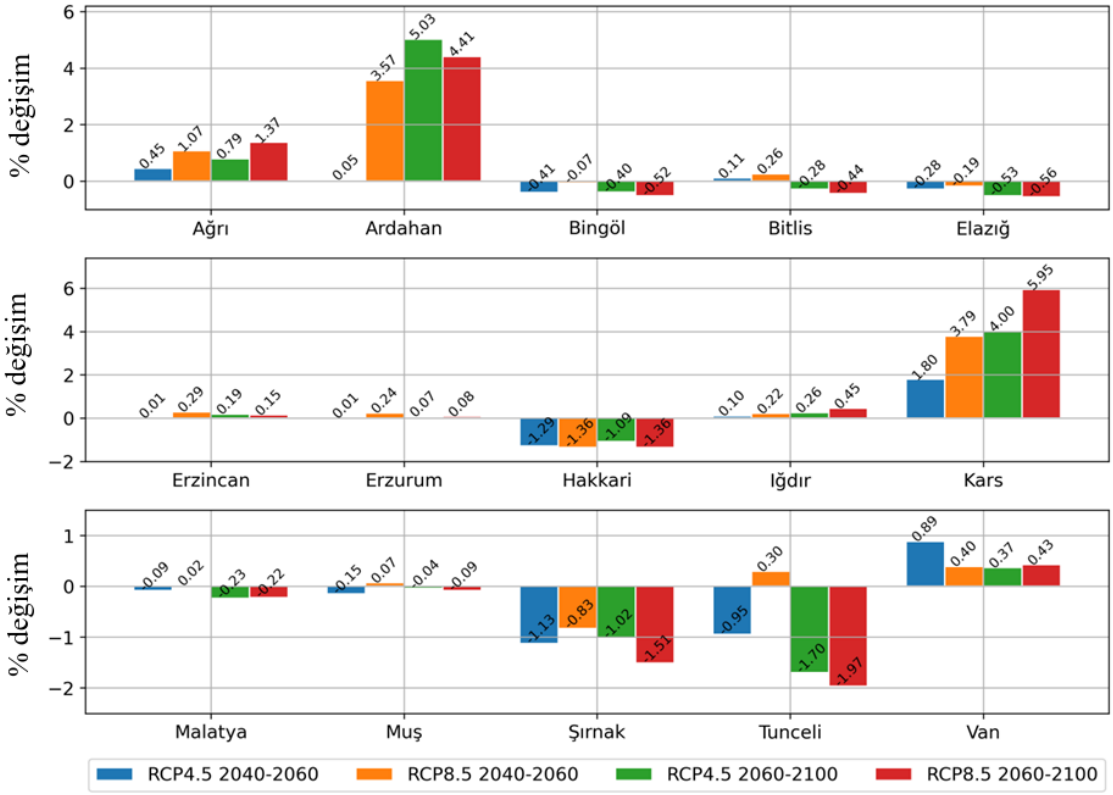
Şekil 4.4 Akdeniz bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Çizelge 4.3 Akdeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Adana	1808,62	4,5	32,91	-24,47	-5,56	43,32	-32,18	-25,37
		8,5	38,89	-29,03	-8,30	61,86	-45,44	3,17
Antalya	2709,65	4,5	30,13	1,67	216,13	48,70	-0,33	-238,69
		8,5	36,67	0,17	-76,90	81,32	-1,33	-307,63
Burdur	2732,95	4,5	28,98	-26,38	-25,24	41,30	-40,36	-82,94
		8,5	34,81	-31,99	-49,58	61,55	-64,43	-118,94
Hatay	3365,12	4,5	33,45	-22,10	-117,07	53,99	-32,97	-126,15
		8,5	44,58	-29,69	-6,02	95,94	-51,74	-305,80
Isparta	3213,50	4,5	28,92	-27,08	-16,32	42,55	-41,33	-85,26
		8,5	34,38	-32,28	-40,94	63,60	-62,74	-115,74
Kahramanmaraş	1674,42	4,5	35,38	-24,16	-107,68	49,19	-36,27	-152,83
		8,5	41,12	-30,45	-98,77	71,84	-62,30	-170,66
Mersin	2683,38	4,5	40,78	-24,54	22,25	56,98	-36,60	27,24
		8,5	46,24	-31,52	54,40	77,67	-51,09	45,00
Osmaniye	3238,06	4,5	38,41	-24,40	-189,39	57,04	-34,24	-249,87
		8,5	48,41	-30,28	-139,08	87,84	-48,58	-273,01

Şekil 4.4'e göre Akdeniz bölgesindeki illerde görülen verim azalış miktarları artış miktarlarından daha fazladır. En fazla verim azalışının Antalya illinde (RCP4.5 senaryosu 2060-2100 dönemi) olabileceği tahmin edilmiştir. Şekil 4.4'e göre Adana ve Mersin illerinde verim artışı olabileceği öngörülmüştür. Çizelge 4.3'de ki iklim değişikliği projeksiyonlarına göre Antalya ili RCP4.5 senaryosu 2020-2060 döneminde yağışta ciddi bir artış olabileceği öngörüsü bulunmaktadır. Şekil 4.4'e göre bu yağış artışı bu periyotta Antalya ilinde yonca verimine pozitif yönde etki yapabileceği anlaşılmaktadır. Çizelge 4.3'e göre Mersin ilinde yağış artışı olabileceği yönünde bir öngörü bulunmaktadır. Mersin ili T30D değişkeninde beklenen artış da diğer illerinkinden daha fazladır. Adana ilinde ise RCP4.5 senaryosuna göre yağış azalışı olacağı RCP8.5 senaryosuna göre ise oldukça düşük miktarda yağış artışı olabileceği yönünde öngörü bulunmaktadır. Bu illerdeki yağışta ve T30D'deki nispi artışın verime pozitif yönde etkisinin olabileceği anlaşılmaktadır. Antalya, Hatay ve Osmaniye illerinde %2 ile %4 seviyeleri arasında verim azalışı olabileceği öngörülmüştür. Çizelge 4.3'e göre bu illerin yağışındaki olası azalma miktarı diğer illerdeki azalma miktarından belirgin şekilde fazladır.

Şekil 4.5'de Doğu Anadolu bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonu sonuçları çizelge 4.4'de Doğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



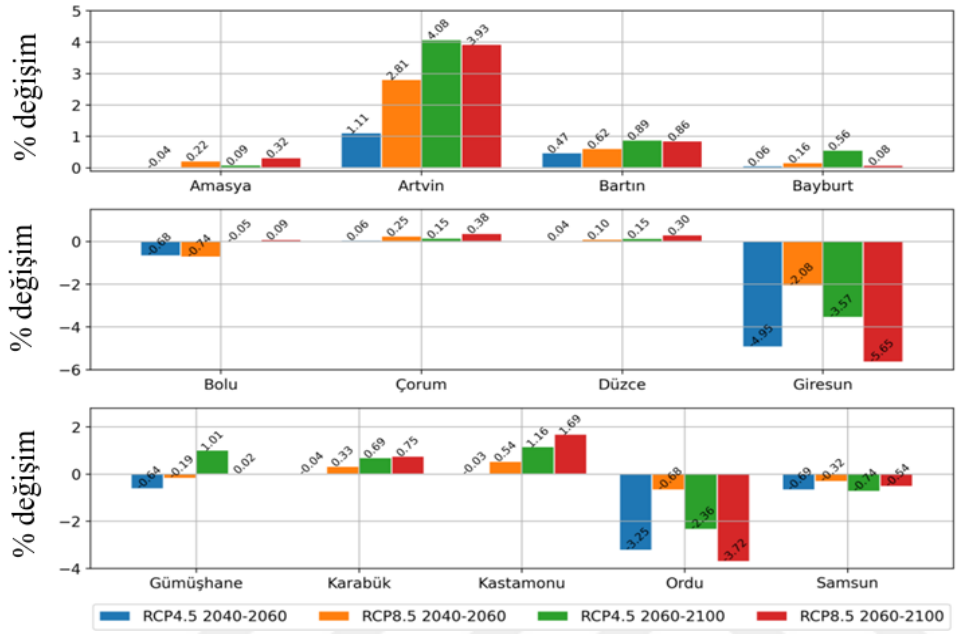
Şekil 4.5 Doğu Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Şekil 4.5'e göre Doğu Anadolu bölgesinin kuzey kesimindeki illerde verim artışı öngörülürken güney ve iç kesimindeki illerde verim azalışı öngörülmüştür. Ardahan, Kars, Ağrı, Iğdır ve Van illerinde verim artışı öngörülmektedir. En yüksek verim artışının 2060-2100 döneminde olabileceği anlaşılmaktadır. Çizelge 4.4'e göre bu illerde yağışta bir artış olabileceği öngörüsü bulunmaktadır. Şekil 4.5'e göre Tunceli, Elazığ, Bingöl, Şırnak ve Hakkari illerinde verim azalışı olacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.4'e göre bu illerde beklenen yağışlardaki azalma miktarı diğer illerinkinden daha fazladır. Şekil 4.5'e göre Erzincan, Erzurum, Muş ve Bitlis illerinde öngörülen verim değişikliği son derece sınırlıdır. Bu illerde verimde belirgin bir değişim olmayabileceğini söylemek mümkündür. Çizelge 4.4'e göre bu illerin yağışlarında oldukça düşük miktarda bir azalma beklenmektedir.

Çizelge 4.4 Doğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Ağrı	1184,38	4,5	19,96	-33,06	10,40	33,62	-48,29	18,09
		8,5	27,64	-38,06	32,29	59,56	-70,88	30,03
Ardahan	763,44	4,5	7,89	-30,96	-1,36	14,10	-46,69	71,58
		8,5	13,95	-37,18	50,73	36,79	-69,48	57,09
Bingöl	3901,35	4,5	25,71	-25,40	-88,04	39,84	-37,15	-97,68
		8,5	30,88	-29,91	-35,50	58,76	-54,58	-132,14
Bitlis	773,61	4,5	27,26	-28,45	-13,15	43,03	-41,08	-32,07
		8,5	33,72	-33,06	-13,99	68,11	-60,01	-52,42
Elazığ	3386,85	4,5	24,43	-21,90	-58,99	35,67	-32,49	-102,72
		8,5	29,40	-24,87	-49,34	55,77	-51,13	-125,91
Erzincan	1868,23	4,5	12,97	-35,57	-8,80	21,80	-52,04	-1,57
		8,5	18,36	-41,59	9,10	46,62	-72,17	-22,68
Erzurum	2214,18	4,5	9,95	-35,99	-6,09	18,65	-52,15	-6,07
		8,5	14,87	-40,72	12,11	43,65	-78,28	-23,84
Hakkari	1004,29	4,5	13,89	-32,26	-51,84	27,59	-47,99	-53,92
		8,5	20,01	-37,19	-57,79	55,74	-69,84	-83,83
Iğdır	3262,65	4,5	24,99	-21,45	-4,03	36,41	-31,50	8,39
		8,5	26,94	-24,54	9,46	55,33	-47,88	20,65
Kars	595,07	4,5	12,21	-33,55	16,75	21,98	-48,87	41,53
		8,5	17,96	-38,40	41,22	47,34	-71,28	55,63
Malatya	4116,25	4,5	25,54	-23,48	-33,31	37,09	-35,83	-66,81
		8,5	30,56	-27,65	-19,58	57,55	-54,29	-78,11
Muş	2417,25	4,5	24,90	-28,20	-34,04	39,00	-41,28	-34,03
		8,5	30,39	-32,93	-15,36	58,28	-59,16	-53,05
Şırnak	1965,95	4,5	29,50	-22,63	-123,31	41,44	-36,07	-123,03
		8,5	34,75	-29,97	-100,67	64,26	-60,25	-184,85
Tunceli	1516,37	4,5	27,02	-29,28	-65,28	40,74	-41,26	-106,12
		8,5	32,82	-32,19	-11,96	62,85	-59,03	-133,98
Van	1289,42	4,5	20,98	-31,81	37,53	36,53	-44,83	0,57
		8,5	28,28	-35,61	6,73	66,19	-63,01	-19,14

Şekil 4.6'da Karadeniz bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonu sonuçları, çizelge 4.5'de ise Karadeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Karadeniz bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

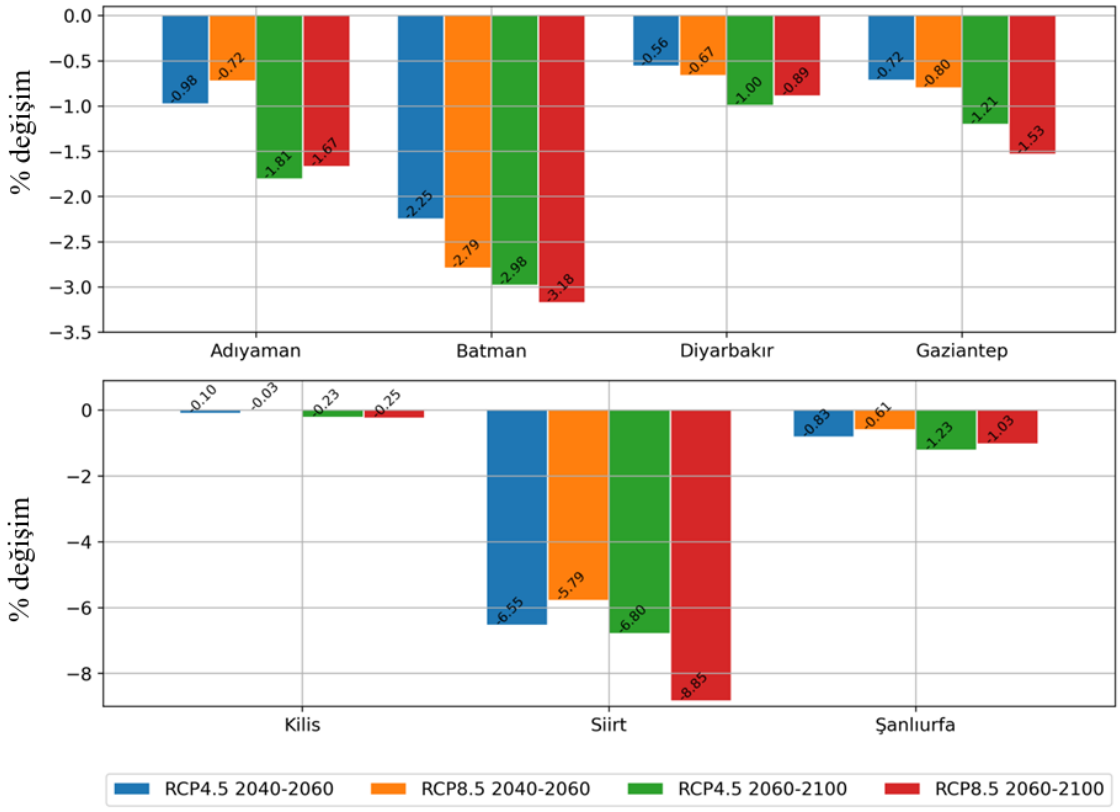
Şekil 4.6'ya göre Bartın, Zonguldak, Sinop ve Artvin illerinde verim artışı olabileceği öngörülmüştür. Düzce, Kastamonu, Karabük, Çorum, Amasya ve Tokat illerinde de oldukça sınırlı verim artışı olabileceği öngörülmüştür. Çizelge 4.5'e göre bu illerdeki yağışlarda bir miktar artış öngörülerinin olduğu anlaşılmaktadır. Bu illerde T30 değişkenindeki artış öngörüsünün ve T5D değişkenindeki azalış öngörüsünün verime pozitif yönde katkısının olabileceği anlaşılmaktadır. Gümüşhane ve Bayburt illerinde verimde belirgin bir değişiklik olmayacağı öngörülmüştür. Bu illerin yağışlarında oldukça sınırlı azalışlar öngörülmektedir. Bolu ilinde 2020-2060 döneminde verimde bir miktar azalış öngörülmektedir. Bu dönem için yağışta da azalış öngörüsü bulunmaktadır. 2060-2100 döneminde ise verimin değişmeyeceği öngörülmüştür. Şekil 4.6'ya göre Samsun, Ordu ve Giresun illerinde yonca veriminde artış olabileceği öngörülmüştür. Bu illerde diğer illere göre yağışta belirgin azalış olacağı öngörülmektedir. Şekil 4.6'ya göre Trabzon ilinde RCP4.5 senaryosu 2020-2060

dönemi ile RCP8.5 senaryosu 2060-2100 döneminde verim azalışı olabileceği diğer dönemlerde ise verim arışı olabileceği öngörülmektedir.

Çizelge 4.5 Karadeniz bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Amasya	3337,37	4,5	31,57	-24,51	-28,41	45,09	-37,14	-20,52
		8,5	37,81	-30,46	2,76	68,63	-59,70	-6,06
Artvin	1377,22	4,5	7,47	-26,74	26,68	12,40	-40,30	104,86
		8,5	12,78	-31,18	71,00	31,04	-57,55	95,64
Bartın	4827,53	4,5	29,18	-27,06	79,02	37,27	-36,06	162,59
		8,5	34,20	-27,79	105,88	59,45	-56,35	138,47
Bayburt	1572,12	4,5	10,51	-35,30	1,47	18,42	-52,25	25,71
		8,5	15,75	-42,35	4,88	41,54	-74,94	-13,22
Bolu	1565,98	4,5	23,80	-25,24	-47,39	32,56	-39,41	-24,05
		8,5	27,90	-32,31	-52,90	57,07	-61,46	-36,75
Çorum	4096,81	4,5	28,59	-23,67	-10,30	42,95	-37,18	-5,08
		8,5	33,84	-29,89	17,31	65,03	-57,67	16,78
Düzce	4827,02	4,5	30,94	-28,30	-17,72	40,25	-39,08	-1,18
		8,5	36,75	-32,49	-9,37	63,14	-60,49	13,95
Giresun	1444,03	4,5	13,08	-27,63	-147,84	19,79	-39,73	-110,07
		8,5	19,17	-32,17	-66,40	50,90	-62,98	-178,24
Gümüşhane	1187,37	4,5	9,91	-33,69	-33,17	15,55	-49,37	20,66
		8,5	15,33	-38,88	-20,96	38,83	-68,09	-33,00
Karabük	2365,27	4,5	28,79	-27,80	-25,74	37,30	-41,35	44,38
		8,5	32,79	-34,70	9,61	59,19	-65,71	34,69
Kastamonu	1126,24	4,5	23,75	-26,30	-14,14	33,27	-40,49	37,43
		8,5	28,62	-32,76	10,33	59,52	-60,88	45,99
Ordu	811,98	4,5	22,87	-26,89	-63,35	31,17	-38,91	-51,45
		8,5	29,31	-32,45	-22,65	62,48	-63,11	-81,67
Samsun	3387,70	4,5	33,28	-25,49	-126,67	45,15	-35,29	-143,80
		8,5	37,48	-27,85	-75,75	67,82	-55,39	-130,24
Sinop	2899,29	4,5	31,02	-28,40	-11,89	41,33	-35,77	38,78
		8,5	32,83	-28,69	72,53	63,94	-58,05	105,58
Tokat	2225,36	4,5	22,11	-25,47	-24,43	34,48	-38,10	-4,11
		8,5	29,94	-30,03	5,22	61,38	-58,69	-1,45
Trabzon	1225,30	4,5	6,45	-29,71	-68,33	10,93	-41,92	11,74
		8,5	10,85	-34,83	24,64	37,41	-66,36	-89,72
Zonguldak	2735,73	4,5	29,93	-27,34	29,02	37,68	-35,81	67,10
		8,5	34,54	-28,92	49,09	59,30	-55,58	71,80

Şekil 4.7'de Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonları sonuçları, çizelge 4.6'da ise Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



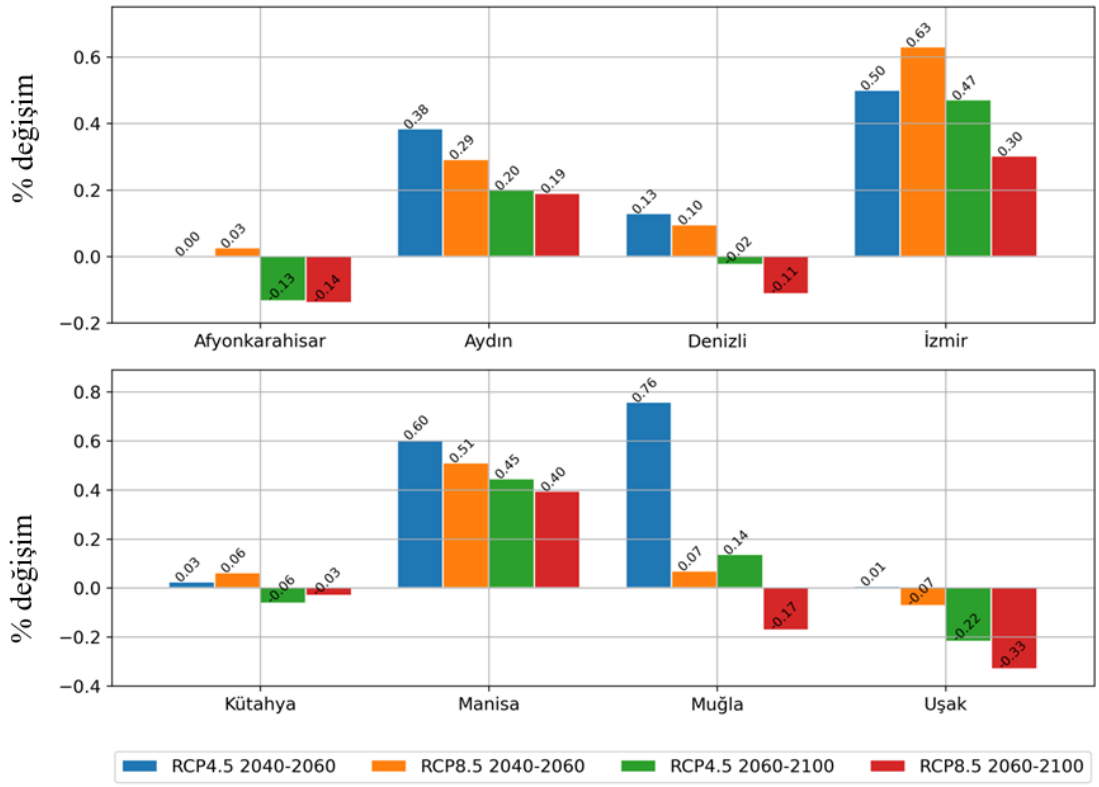
Şekil 4.7 Güneydoğu Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Şekil 4.7'ye göre Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin tamamının yonca veriminde azalma olacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.6'ya göre Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin tamamının yağışlarında azalma olacağı öngörülmüştür. Siirt ve Batman illerinde öngörülen verim azalışı miktarı diğer illerinkinden daha yüksektir. Çizelge 4.6'ya göre bu illerin yağışlarında beklenen azalma miktarı da diğer illerinkinden daha yüksektir. Çizelge 4.6'ya göre Gaziantep ve Adıyaman illerinin yağışlarında beklenen azalma oldukça yüksek olmasına rağmen yonca verimlerinde öngörülen azalma miktarı daha sınırlıdır. Bu illerin T>30 C° gün sayısının iklim değişikliği ile beraber önemli miktarda artacağı, T<5 C° gün sayısının ise önemli miktarda azalacağı öngörülmektedir.

Çizelge 4.6 Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Adıyaman	1700,13	4,5	27,61	-21,81	-96,20	40,62	-35,53	-167,91
		8,5	33,56	-29,69	-81,68	60,36	-59,61	-172,15
Batman	1170,42	4,5	27,00	-23,91	-94,16	37,64	-35,78	-126,46
		8,5	31,10	-31,08	-115,39	54,59	-61,42	-145,71
Diyarbakır	1377,58	4,5	26,68	-22,86	-48,77	37,56	-32,36	-76,71
		8,5	30,34	-28,10	-56,28	54,56	-56,21	-80,93
Gaziantep	1990,07	4,5	36,09	-24,87	-89,82	49,32	-36,69	-140,84
		8,5	42,90	-31,34	-101,86	69,68	-63,20	-181,83
Kilis	4232,26	4,5	38,23	-25,60	-45,61	52,32	-40,29	-78,27
		8,5	45,18	-34,23	-38,21	73,14	-67,26	-95,63
Siirt	953,83	4,5	27,51	-22,71	-135,05	39,11	-34,52	-143,49
		8,5	32,97	-29,81	-121,90	60,59	-57,29	-195,67
Şanlıurfa	1603,96	4,5	27,70	-26,32	-69,16	39,21	-38,94	-102,10
		8,5	31,65	-34,20	-57,98	55,88	-65,50	-101,79

Şekil 4.8'de Ege bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonu sonuçları, çizelge 4.7'de ise Ege bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



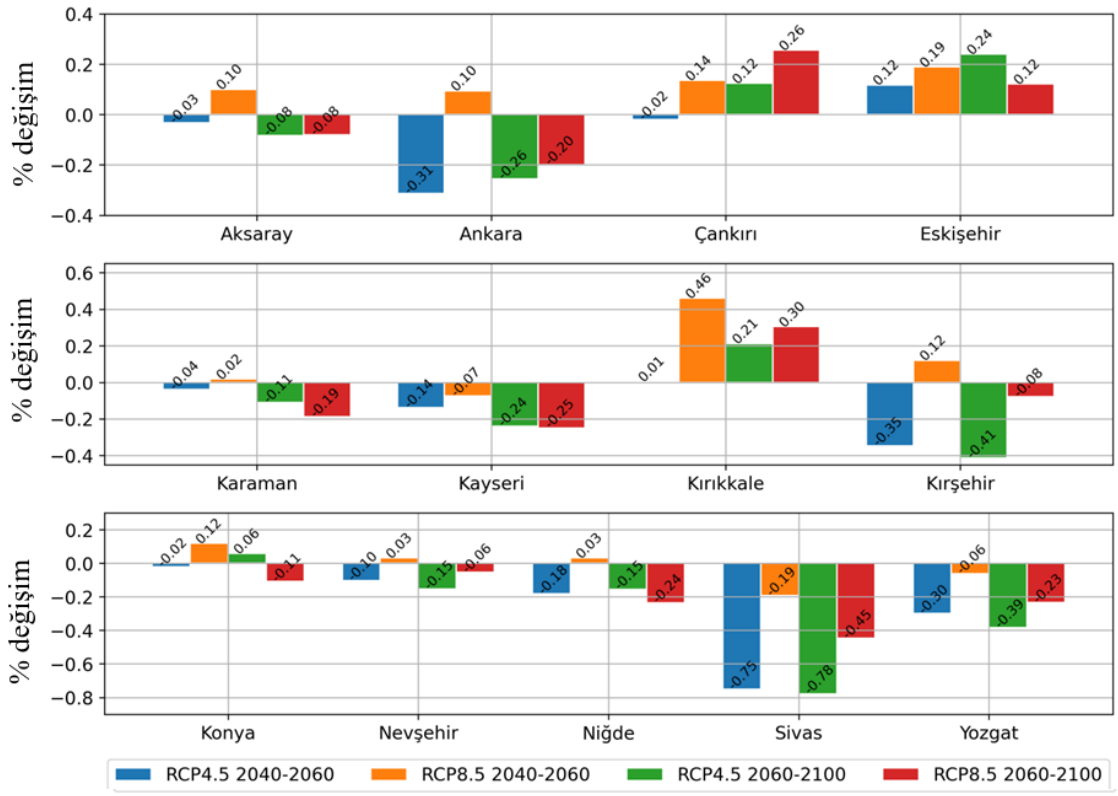
Şekil 4.8 Ege bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Şekil 4.8'e göre bu belgedeki illerde verim değişimi oldukça sınırlı oranda olacağı öngörülmüştür. Şekil 4.8'e göre Manisa, İzmir ve Aydın illerinde sınırlı miktarda verim artışı olacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.7'ye göre bu illerin yağışlarının bir miktar artış olacağı öngörülmektedir. Uşak ilinin yonca veriminde yağışındaki azalmayla beraber verim azalması olabileceği öngörülmektedir. Kütahya, Afyonkarahisar ve Denizli illerinin veriminde belirgin verim azalışı veya artışı olmayacağı anlaşılmaktadır. Muğla ilinin yonca veriminde RCP4.5 senaryosu 2040-2060 döneminde verim artışı olacağı öngörülürken, diğer dönemlerde verimde belirgin değişiklik olamayacağı anlaşılmaktadır. Çizelge 4.7'ye göre Muğla ilinin yağışlarında RCP4.5 senaryosu 2040-2060 döneminde artış olabileceği anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.7 Ege bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Afyonkarahisar	3335,44	4,5	28,24	-27,71	-20,52	41,58	-41,37	-48,66
		8,5	34,07	-32,64	-21,19	62,27	-63,07	-64,53
Aydın	5427,96	4,5	23,89	-26,77	74,99	34,23	-37,03	20,88
		8,5	28,94	-32,45	48,03	53,74	-56,39	2,14
Denizli	4437,35	4,5	24,65	-26,99	5,40	35,76	-44,28	-30,86
		8,5	30,51	-34,60	-4,90	54,83	-70,00	-61,16
İzmir	4339,07	4,5	25,01	-21,77	75,52	34,17	-29,54	63,26
		8,5	28,50	-26,11	97,57	53,09	-45,84	18,03
Kütahya	1897,44	4,5	26,45	-26,60	-17,96	37,84	-40,66	-33,55
		8,5	31,48	-31,82	-18,61	61,84	-63,25	-49,04
Manisa	3189,61	4,5	25,51	-24,63	64,83	34,58	-35,10	36,69
		8,5	28,78	-29,97	49,81	53,68	-53,76	15,61
Muğla	4647,67	4,5	26,04	-30,22	139,79	34,94	-44,39	1,74
		8,5	30,67	-38,39	-9,10	55,05	-64,39	-79,65
Uşak	4838,44	4,5	25,36	-26,00	-16,85	37,16	-42,41	-70,73
		8,5	30,77	-33,87	-37,11	57,01	-67,23	-107,78

Şekil 4.9'da İç Anadolu bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonları sonuçları, çizelge 4.8'de ise İç Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



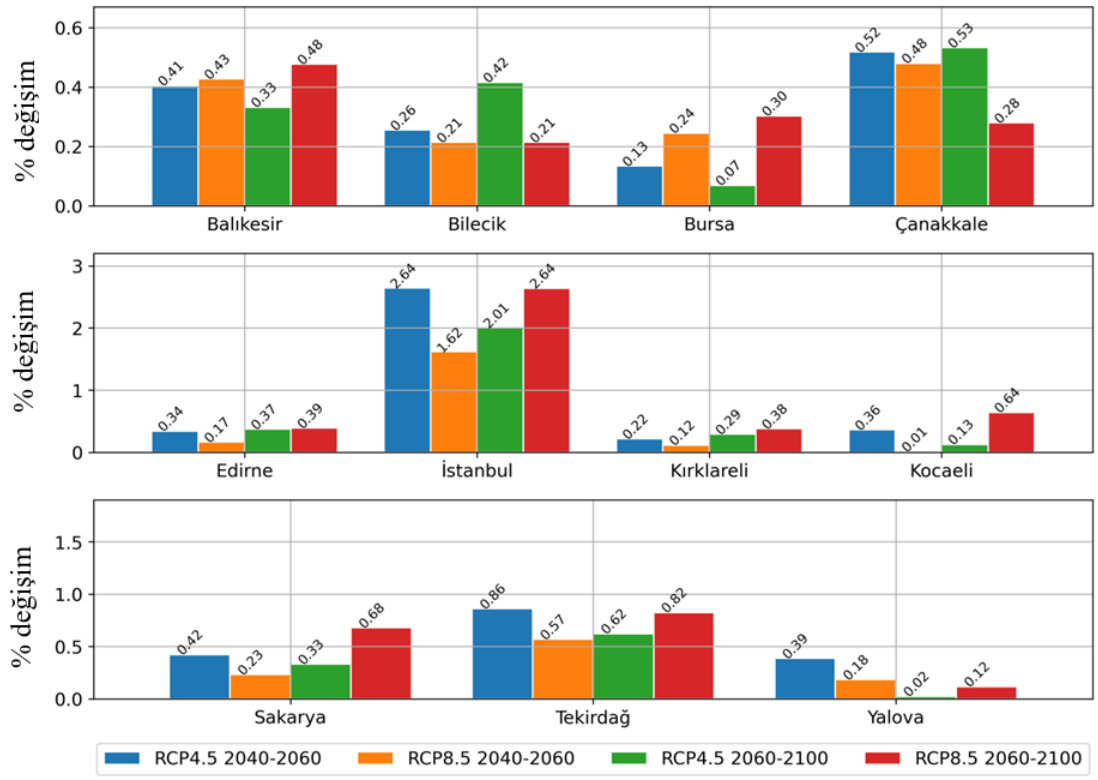
Şekil 4.9 İç Anadolu bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Şekil 4.9'a göre İç Anadolu bölgesi illerinde öngörülen verim değişimi %1'in altında oldukça sınırlı artışlar ve azalışlar şeklindedir. Çankırı, Kırıkkale ve Eskişehir illerinde bir miktar verim artışı olacağı öngörülürken, Sivas, Karaman, Ankara ve Niğde illerinde bir miktar verim azalışı olacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.8'e göre İç Anadolu bölgesi illerinin yağışlarında 90 mm altında azalmalar olabileceği anlaşılmaktadır. Bu bölgedeki illerin yağışında, T>30 C° gün sayısında ve T<5 C° gün sayısındaki öngörülen değişmelerin yonca verimi üzerindeki etkisi sınırlı olacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.8 İç Anadolu bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Aksaray	4452,71	4,5	27,09	-24,87	-25,74	41,26	-35,36	-45,16
		8,5	32,57	-28,67	-5,24	60,03	-57,46	-58,58
Ankara	1784,59	4,5	26,69	-23,97	-46,91	39,18	-36,89	-51,68
		8,5	30,83	-29,29	-17,76	58,72	-57,61	-61,58
Çankırı	3567,93	4,5	25,63	-24,03	-21,63	37,83	-37,36	-9,22
		8,5	30,66	-29,61	-2,44	60,42	-55,62	-6,44
Eskişehir	2918,49	4,5	28,35	-27,42	-7,80	38,19	-41,08	0,01
		8,5	34,18	-32,81	-3,48	60,32	-66,10	-31,51
Karaman	5078,77	4,5	27,73	-25,24	-28,32	41,24	-36,49	-53,16
		8,5	33,19	-29,78	-20,36	59,88	-59,95	-79,45
Kayseri	3534,39	4,5	26,28	-25,55	-40,69	40,27	-38,41	-65,40
		8,5	31,99	-30,53	-35,51	60,89	-57,44	-81,90
Kırıkkale	1895,59	4,5	27,06	-24,29	-18,83	40,19	-36,48	-11,61
		8,5	31,45	-29,09	14,31	59,08	-57,73	-17,00
Kırşehir	1301,43	4,5	26,16	-22,99	-40,59	40,82	-34,46	-55,54
		8,5	31,31	-28,07	-17,59	59,64	-55,54	-50,67
Konya	4799,81	4,5	27,16	-24,95	-23,91	40,80	-36,37	-18,13
		8,5	32,69	-28,83	-0,26	59,26	-59,80	-64,64
Nevşehir	3482,42	4,5	27,49	-24,56	-34,67	42,44	-36,10	-52,76
		8,5	32,69	-29,58	-19,09	62,36	-56,38	-53,21
Niğde	4270,88	4,5	25,35	-30,23	-50,68	38,21	-43,47	-55,33
		8,5	29,98	-34,52	-16,17	61,18	-60,93	-86,15
Sivas	1202,81	4,5	20,86	-30,86	-48,72	31,29	-44,96	-55,42
		8,5	26,39	-34,74	-23,81	57,12	-62,83	-53,76
Yozgat	2826,49	4,5	25,85	-23,65	-55,23	39,59	-36,03	-75,57
		8,5	31,26	-27,90	-30,65	62,80	-55,03	-76,40

Şekil 4.10'da Marmara bölgesi illerinin YSA modeli ile yonca verim değişimi projeksiyonları sonuçları, çizelge 4.9'da ise Marmara bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Marmara bölgesi illeri verim değişimi projeksiyonları

Şekil 4.10'a göre Marmara bölgesi illerinin tamamında verim artışı olacağı öngörülmüştür. Çizelge 4.9'a göre Marmara bölgesi illerinin yağışlarında genel olarak artış olacağı öngörülmektedir. En yüksek verim artışlarının Tekirdağ ve İstanbul'da olacağı öngörülmüştür. Bu illerin yağış artışı öngörüsü de bölgenin diğer illerinkinden yüksektir. Bursa, Bilecik, Kırklareli ve Yalova'nın yağışlarında 30 mm'nin altında yağış azalışları görülebilecekken T>30 C° gün sayısındaki artışlar ve T<5 C° gün sayısındaki azalışlarla beraber bu illerde de verimin bir miktar artacağı öngörülmektedir.

Çizelge 4.9 Marmara bölgesi illerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryo sonuçları

			2020-2060			2060-2100		
il	**ref. Y**	**RCP**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**	**T30D**	**T5D**	**MANUEL_YEAR**
Balıkesir	2692,37	4,5	28,02	-25,24	24,78	38,09	-36,08	7,58
		8,5	31,75	-29,83	24,50	56,12	-56,34	10,46
Bilecik	2345,71	4,5	28,33	-29,72	4,66	38,26	-43,34	14,25
		8,5	33,87	-36,16	-3,53	60,34	-68,19	-22,18
Bursa	3249,46	4,5	28,60	-28,10	-1,95	38,66	-39,23	-19,12
		8,5	35,16	-32,54	8,67	60,61	-60,69	-2,90
Çanakkale	5630,02	4,5	28,07	-22,53	106,08	35,72	-28,05	103,97
		8,5	31,12	-23,51	94,23	55,59	-44,75	27,08
Edirne	3090,46	4,5	26,76	-26,92	23,94	34,47	-34,30	22,13
		8,5	28,08	-29,06	0,40	52,09	-55,63	12,29
İstanbul	1988,07	4,5	8,19	-17,00	166,98	15,80	-17,81	125,08
		8,5	11,68	-16,54	105,06	44,29	-20,30	145,28
Kırklareli	2046,67	4,5	32,04	-27,21	-4,83	42,07	-35,65	-6,02
		8,5	35,70	-30,55	-16,60	60,25	-57,39	-12,64
Kocaeli	1859,45	4,5	30,51	-28,01	5,78	40,99	-38,25	-22,49
		8,5	37,37	-31,03	-29,83	61,17	-57,91	4,92
Sakarya	1619,92	4,5	30,59	-28,08	6,14	40,63	-39,39	-8,12
		8,5	36,64	-31,86	-12,71	60,45	-60,59	2,16
Tekirdağ	4431,56	4,5	28,61	-23,14	142,94	36,64	-28,32	87,89
		8,5	30,92	-25,01	82,17	54,69	-47,83	113,77
Yalova	2915,88	4,5	29,43	-26,36	27,25	40,05	-35,44	-26,58
		8,5	35,94	-27,97	-3,83	60,28	-55,57	-29,62

Bu çalışmada yapılan tüm yonca yeşil ot verimi değişimi tahminlerine göre en yüksek verim artışı ve azalışı tahminleri çizelge 3.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.10 Verim değişimi öngörüleri özeti

		2020-2060			2060-2100		
		il	**% değişim**	**kg/da değişim**	**il**	**% değşim**	**kg/da değişim**
RCP4.5	**Artış**	Antalya	%3.43	92.94 kg/da	Artvin	%4.08	56.19 kg/da
	Azalış	Siirt	%6.55	62.47 kg/da	Siirt	%6.80	64.86 kg/da
RCP8.5	**Artış**	Ardahan	%3.57	27.25 kg/da	Kars	%5.95	35.40 kg/da
	Azalış	Siirt	%5.79	55,23 kg/da	Siirt	%6.85	65.34 kg/da

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada, farklı iklim değişikliği projeksiyonlarına göre yonca veriminde görülebilecek olası değişiklikler YSA kullanılarak ortaya konulmuştur. Bu amaçla öncelikle yonca üretimi yapılan 79 ilin iklim (28 adet), toprak (11 adet) ve coğrafik (3 adet) faktörleri ile yonca ekili alan, ortalama yonca verimi ve ortalama yonca üretim miktarı parametrelerinin yonca verimleriyle olan ilişkisi korelasyon analizi yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre hava sıcaklığı ile verim arasındaki sonuçlar pozitif yönlüdür. Bu ilişki atmosferdeki sıcaklık artışının bitkilerde terlemeyi ve fotosentezi artırıcı etkisinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Cline 2008). T5D değişkeni ile verimin korelasyonu negatif yönlüdür. Bu sonucun yonca bitkisinin 5 C°'nin altında gelişimini durdurması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Anonymous 2019). Yonca bitkisi 30 C°'nin üzerindeki sıcaklıklarda gelişimi yavaşlar (Anonymous 2019). T30D değişkenini korelasyonunun negatif olması beklenirken pozitif ölçülmüştür. Bu değişken hava sıcaklığının 30 C°'nin üzerinde olduğu gün sayısını ifade eder. Bu iller aynı zamanda sıcaklığa bağlı terleme fotosentez aktivitesinin de yüksek seyrettiği illerdir. Bu nedenle sıcaklığın gösterdiği faydalı etki zararlı etkiden daha fazla gerçekleşmiş olabilir. Yonca bitkisi, düzgün yayılmış ve yağışlı bölgelerde daha iyi gelişmekte ve sulama, verimi ciddi biçimde artırabilmektedir (Anonymous 2019). Yonca verimi ile yağış arasındaki korelasyonlar incelendiğinde oldukça düşük şiddette ve çoğunlukla negatif yönlü korelasyon ölçülmüştür. Bu çalışmada; hangi bölgelerde sulu tarım, hangi bölgelerde kuru tarım yapıldığı bilinmemektedir. Yağış ve sulamanın bir arada değerlendirilmesi gerekir. Yağışlar ve verim arasındaki korelasyonlarda görülen farklılıkların bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yonca bitkisinin toprak seçiciliği oldukça düşüktür fakat drenajı iyi topraklarda daha iyi gelişir (Gökalp vd. 2017). Verim ile toprak değişkenlerinden kum oranı, kütle yoğunluğu ve pH değişkenleri ile pozitif yönlü ve daha şiddetli korelasyon ölçülmüştür. Coğrafik değişkenlerden boylam derecesi ile -0.498, yükseklikle ile -0.268 korelasyon ölçülmüştür. Türkiye'de batıdan doğuya gidildikçe genel olarak yükselti artmakta, hava soğumakta ve bir kısım bölgelerde iklim karasallaşmaktadır (Öztürk vd 2017). Verimle boylam derecesi ve yükselti arasındaki negatif korelasyon bu durumla ilişkilidir.

Bu çalışmanın ikinci aşamasında yonca verimi YSA modeliyle modellenmiştir. Bunun için öncelikle yonca verimini modelleyecek en iyi YSA modelinin yapısı belirlenmiştir. YSA'nın zirai alanda kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır (Terzi vd. 2019). YSA modelleri çok farklı girdi parametreleriyle çeşitli yapılarda oluşturulabilir. YSA modelinin başarısını en çok etkileyen etmenler; doğru şekilde belirlenmiş eğitim veri seti, öğrenme oranı, decay oranı, neron sayısı, ara katman sayısı ve aktivasyon fonksiyonudur (Apaydin vd. 2020; Sattari vd. 2020). Bu etmenlerin çeşitli alternatifleri denenerek en iyi YSA modeli oluşturulur. Bu çalışmada da yonca verimini modelleyebilmek için 176 farklı YSA modeli senaryosu oluşturulmuş ve bu modellerin performansı ölçülmüştür. Bütün senaryoların sonuçlarına göre girdi parametreleri içinde MY (Ortalama verim) değişkeni olmayan senaryolar başarısız olmuş, MY değişkeni barındıran senaryolar ise başarılı olmuştur. Aynı bölgedeki arazilere genellikle aynı çeşitte bitkilerin tarımı yapılır. Çeşit seçimi ise verimdeki en belirleyici unsurdur ve her çeşidin belli koşullarda belli miktarda verimi vardır (Özkan vd. 2015). MY değişkeni dolaylı olarak her bir il için tarımı yapılan yonca çeşidini ifade eder. Bu nedenle bu çalışmada en önemli girdi parametresi MY değişkeni olmuştur. Sonuç olarak 154 nolu YSA modeli en başarılı model olmuştur. YSA modellerinde eğitim aşamasında aşırı uyum istenmez ve daha az girdiye ihtiyaç duyan modeller daha kullanışlıdır (Apaydin vd. 2020; Sattari vd. 2020). 154 nolu model bu iki kriteri karşılamaktadır. Bu model NS katsayısına (0.782) göre kabul edilebilinir model sınıfında ve OMYH değerine (14.408) göre ise doğru model sınıfındadır. Bu modelin belirtme katsayısı 0.827 olarak ölçülmüştür. YSA modeliyle yapılan bir mısır verimi tahmini çalışmasında 0.67 ile 0.86 arasında belirtme katsayısı değerleri ile verimin tahmin edilebildiği bildirilmiştir (Uno vd. 2005). Bu çalışmada elde edilen başarı istatistikleri mısır verimi tahmini ile ilgili yapılan çalışmada ki başarı istatistikleri ile kıyaslandığında oldukça iyi seviyede başarı yakalandığı anlaşılmaktadır.

Bu çalışmanın son kısmında; 154 nolu YSA modeli ile önce referans dönemi yonca verimi tahmini yapılmıştır. İkinci aşamada HADGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları sonuçlarından, 154 nolu YSA modeli ile 2020-2060 ve 2060-2100 dönemi yonca verimi modellenmiştir. Bu şekilde gelecek yılların yonca verimi, referans dönemi ile kıyaslanarak ortaya konulmuştur. İklim değişikliği projeksiyonlarına göre her iki

senaryoda da (RCP4.5 ve RCP8.5) Türkiye'de hava sıcaklığının artacağı öngörülmüştür. Yüz yılın sonuna doğru sıcaklık artışını RCP4.5 senaryosuna göre 4 C°'ye, RCP8.5 senaryosuna göre 6 C°'ye ulaşabileceği bildirilmiştir. Yağış projeksiyonlarına göre ise her iki senaryoda da bir azalış trendinden daha çok yağış rejiminin düzensizleşeceği bildirilmiştir. Özellikle mevsimlik olarak incelendiğinde büyük farklılıklar yaşanabileceği öngörülmüştür (Akçakaya vd 2015). Bu çalışmada RCP4.5 senaryosu verileriyle yapılan yonca verim değişimi projeksiyonlarına göre Akdeniz bölgesi illerinden Osmaniye ilinde 2020-2060 döneminde %2, 2060-2100 döneminde %1 verim azalması olabileceği, Antalya ilinde her iki dönemde de %3 verim azalması olabileceği, Doğu Anadolu bölgesi illerinden Ardahan ilinde 2020-2060 döneminde verim değişimi olmayabileceği, 2060-2100 döneminde %3 verim artışı olabileceği, Kars ilinde 2020-2060 döneminde %1, 2060-2100 döneminde %4 verim artışı olabileceği, Şırnak ilinde her iki dönemde de %1 verim azalışı olabileceği, Karadeniz bölgesi illerinden Artvin ilinde 2020-2060 döneminde %1, 2060-2100 döneminde %2 verim artışı olabileceği, Giresun ilinde her iki dönemde de %2 verim azalması olabileceği, Ordu ilinde 2020-2060 döneminde %3, 2060-2100 döneminde %1 verim azalması olabileceği, Marmara bölgesi illerinden İstanbul ilinde 2020-2060 döneminde %3, 2060-2100 döneminde %2 artış olabileceği öngörülmüştür. Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinden Siirt ilinde her iki dönemde de referans dönemine göre %7, Batman ilinde ise 2020-2060 döneminde %2, 2060-2100 döneminde %3 verim azalışı olabileceği öngörülmüştür. RCP8.5 senaryosu verileriyle yapılan yonca verim değişimi projeksiyonlarına göre ise Akdeniz bölgesi illerinden Osmaniye ilinde her iki dönemde de %2 verim azalması olabileceği, Antalya ilinde 2020-2060 döneminde %1, 2060-2100 döneminde %2 verim azalması olabileceği, Doğu Anadolu bölgesi illerinden Ardahan ilinde 2020-2060 döneminde 2020-2060 döneminde %5, 2060-2100 döneminde %6 verim artışı olabileceği, Kars ilinde 2020-2060 döneminde %4, 2060-2100 döneminde %6 verim artışı olabileceği, Şırnak ilinde her iki dönemde de %1 verim azalışı olabileceği, Karadeniz bölgesi illerinden Artvin ilinde her iki dönemde de %4 verim artışı olabileceği, Giresun ilinde her 2020-2060 döneminde %4, 2060-2100 döneminde %6 verim azalması olabileceği, Ordu ilinde 2020-2060 döneminde %2, 2060-2100 döneminde %4 verim azalması olabileceği, Marmara bölgesi illerinden İstanbul ilinde 2020-2060 döneminde %2, 2060-2100 döneminde %3 artış olabileceği öngörülmüştür.

Güneydoğu Anadolu bölgesi illerinden Siirt ilinde her 2020-2060 döneminde %6, 2060-2100 döneminde %9, Batman ilinde ise her iki dönemde de %3 verim azalışı olabileceği öngörülmüştür. Bu 11 ildeki verim değişimi diğer illerinkine göre daha belirgindir. Bu sonuçlar iklim değişikliği projeksiyonları ile beraber değerlendirildiğinde belirgin yağış artışı öngörülen illerde verim artışı olabileceği, belirgin yağış azalışı olabileceği öngörülen illerde verim azalışı olabileceği anlaşılmaktadır. Diğer illerin verim değişimi %1'in altında ve belirgin azalma veya artma yönünde değildir. HADGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryoları verilerine regresyon yöntemi uygulanarak Türkiye'de iklim değişikliğinin ayçiçeği verimine etkisinin belirlenmesi konulu bir çalışmada İç Anadolu ve Karadeniz bölgesinde verimin artabileceği, Marmara ve Ege bölgesinde ise azalabileceği bildirilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık artışının ve nem azalışının verime olumlu katkı yapacağı beklenirken, yağışlardaki azalışın ise verimi olumsuz etki edeceği belirtilmiştir (Gürkan 2015). HADGEM2-ES modeli RCP8.5 senaryoları verilerine regresyon yöntemi uygulanarak Türkiye'de iklim değişikliğinin haşhaş verimine etkisinin belirlenmesi konulu çalışmada sıcaklık artışının haşhaş verimini olumlu etkileyeceği, yağışlardaki düzensizliğin ise haşhaş verimini olumsuz etkileyeceği bildirilmiştir (Bulut 2015). Kanada'da iklim değişiminin yonca ve çayır kelp kuyruğu karışık ekimi üzerine yapılan bir çalışmada ise soğuk bölgelerde verimin artacağı sıcak bölgelerde ise verimin olumsuz etkilenebileceği bildirilmiştir (Thivierge vd. 2016). Yonca bitkisi adaptasyon yeteneği oldukça yüksek bir bitkidir. Kuraklığa ve sıcaklığa oldukça iyi uyum sağlayabilmektedir (Anonim 2012). Bu çalışmada da elde edilen sonuçlara göre yağış azalışının olduğu bölgelerde %9 verim kaybının olabileceği, yağış artışı olması muhtemel bölgelerde verimin artabileceği, Türkiye'nin büyük bölümünde ise verim değişiminin oldukça sınırlı kalabileceği öngörülmüştür.

Yapılan pek çok çalışmada iklim değişikliği sonucu ortaya çıkan yeni duruma uygun tarım yapıldığı takdirde verim kaybının önüne geçilebilineceği ve hatta verim artışının bile sağlanabileceği belirtilmektedir (Cline 2008; Thieverge vd. 2016; Kadıoğlu vd. 2017). Yonca yetiştirilen havzalarda mevcut durum ortaya konulup, iyimser ve kötümser iklim değişikliği senaryolarına göre kültürel tedbirler alınmalıdır. Suyun daha tasarruflu kullanıldığı, su kaybının en az seviyede olduğu ve bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanlarda ve miktarlarda sulamanın yapıldığı akıllı sulama teknolojilerinin kullanımı

yaygınlaştırılmalıdır. Hangi havza da hangi yonca çeşitlerinin bu yeni oluşacak iklim koşullarına daha uyumlu olacağı belirlenmelidir. Sadece yonca bitkisi için değil tüm zirai faaliyetler için iklim değişikliğine göre "Acil Eylem Planları" mızın üzerinde tartışılıp hazır olması gerekmektedir.

Çok sayıda farklı makine öğrenmesi tekniği bulunmaktadır. YSA'larıda makine öğrenmesinin bir dalıdır ve geniş bir alanda başarılı biçimde uygulanmaktadır. Makine öğrenmesinde eğitim veri seti örnek sayısının fazla olması ve parametre çeşitliliği çok önemlidir. Bu çalışmada 79 ilin verisi kullanılmıştır. Türkiye'de 700'ün üzerinde ilçe bulunmaktadır. Bu çalışma ilçe bazında yapıldığı takdirde eğitim veri setinde daha çok veri olacağından daha başarılı ve kapsamlı sonuçlar elde edilebilinir. Çalışmada kullanılan parametreler çeşitlendirilerek (gübreleme, sulama, çeşit bilgileri ile daha ayrıntılı toprak ve iklim verileri gibi) yonca verim tahmini tutarlılığı artırılabilinir. Bu çalışma farklı makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak da yapılabilir.

Kaynaklar

Açıkgöz, E. 2001. Yem Bitkileri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, 584s., Bursa.

Adisa, O.M., Botai, J.O., Adeola, A.M., Hassen, A., Botai, C.M., Darkey, D. ve Tesfamariam, E. 2019. Application of Artificial Neural Network for Predicting Maize Production in South Africa. Sustainability, 11, 1145.

Akalın, M. 2014. İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), 351-377, Çorum.

Akçakaya, A., Sümer, U.M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F. 2015. Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, 149s., Ankara.

Alçiçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V. ve Özdoğan, M. 2010. Türkiye'de Kaba Yem Üretimi ve Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara.

Alvaro S.S., Erice G., Aguirreolea J., Muñoz F., Manuel S.D. ve Juan J. 2012. Alfalfa Forage Digestibility, Quality and Yield Under Future Climate Change Scenarios Vary with Sinorhizobium Meliloti Strain. Journal of Plant Physiology, 169, 782-788.

Anonim. 2012. Baklagil Yem Bitkileri Yetiştiriciliği 1(621bhy125). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Tarım Teknolojisi, 60s., Ankara.

Anonim. 2019. Web Sitesi: http://www.tuik.gov.tr/Start.do, Erişim Tarihi: 03.05.2020.

Anonymous. 2007. Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, impacts, and Response Strategies. IPCC Expert Meeting Report, September, Netherlands.

Anonymous, 2018. Web sitesi: https://climate.nasa.gov/causes/, Erişim Tarihi: 05.05.2020.

Anonymous. 2019. Web Sitesi: http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/alfalfa/en/, Erişim Tarihi: 03.05.2020.

Anonymous. 2020a. Web Sitesi: https://www.ictp.it/research/esp/models/regcm4.aspx, Erişim Tarihi: 06.05.2020.

Anonymous. 2020b. Web Sitesi: https://daac.ornl.gov/SOILS/guides/HWSD.html, Erişim Tarihi: 06.05.2020.

Anonymous. 2020c. Web Sitesi: https://medium.com/@hadican/how-to-build-a-simple-artificial-neural-network-ann-a064939f940b, Erişim Tarihi=21.08.2020

Anonymous. 2020d. Web Sitesi: https://towardsdatascience.com/metrics-and-python-850b60710e0c, Erişim Tarihi:21.08.2020

Apaydin, H., Feizi, H., Sattari, M.T., Colak, M.S., Shamshirband, S. Ve Chau, K. 2020. Comparative Analysis of Recurrent Neural Network Architectures for Resorvoir Inflow Forecasting. Water, 12, 150.

Avcıoğlu R., Hatipoğlu R. ve Karadağ Y. 2009. Baklagil Yem Bitkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 384s., İzmir.

Baydar, A. 2010. Seyhan Ovası Koşullarında İklim Değişikliklerinin Pamuk Bitkisi Üzerindeki Olası Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 57s., Adana.

Bulut, H. 2015. Türkiye'de İklim Faktörlerinin Ve İklim Değişikliğinin Haşhaş (Papaver Somniferum L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 138s., Ankara.

Cline, W. R. 2008. Global Warming and Agriculture. Finance & Development, 23-27.

Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F. ve Langlade, N. 2017. Sunflower Crop And Climate Change: Vulnerability, Adaptation, And Mitigation Potential From Case-Studies İn Europe. OCL, 24(1).

Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. ve Akçakaya, A. 2014. Türkiye'de Yeni Senaryolara Göre İklim Değişikliği Projeksiyonları. TÜCAUM - VIII. Coğrafya Sempozyumu, 34-24 Ekim, Ankara.

Demircan, M., Türkoğlu, N. ve Çiçek, İ. 2017. İklim Değişikliği: Modelden Sektörel Uygulamalara. Türk Coğrafya Kurumu 75. Yıl Uluslararası Kongresi, Ankara.

Gholami, A., De Geyter, N., Pollier, J., Goormachtig, S. ve Goossens, A. 2014. Natural Product Biosynthesis in Medicago Species. Natural Product Reports. 31(3): 356–380.

Gökalp, S., Yazıcı, L., Çankaya, N. ve İspirli, K. 2017. Bazı Yonca (Medicago sativa L.) Çeşitlerinin Tokat-Kazova Ekolojik Koşullarında Ot Verimi ve Kalite Performanslarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 34 (3). 114-127.

Güler, D., Saner, G. ve Naseri, Z. 2017. Yağlı Tohumlu Bitkiler İthalat Miktarlarının Arıma ve Yapay Sinir Ağları Yöntemleriyle Tahmini. Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi, 3(1), 60-70.

Gürkan, H. 2015. Türkiye'de İklim Faktörlerinin Ve İklim Değişikliğinin Ayçiçeği (Helianthus Annuus L.) Bitkisinin Verimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 111s., Ankara.

Gürkan, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Sümer, U.M., Kömüşçü, A.Ü., Arabacı, H. ve Aksoy, M. 2018. 1971-2017 Dönemi Türkiye İklim Değerlendirmesi. Türkiye Ulusal Jeodezi Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi, 30 Mayıs-2 Haziran, İzmir.

Güser, Y., Demircan, M., Arabacı, H. ve Coşkun, M. 2017. Don Afetinin İklim Değişikliği Projeksiyonlarına Göre İncelenmesi. TİKDEK-2017. IV. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 5-7 Temmuz, İstanbul.

Kadıoğlu, M., Ünal, Y., İlhan, A. ve Yürük, C. 2017. Türkiye'de İklim Değişikliği ve Tarımda Sürdürülebilirlik Raporu. Türkiye Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu, İstanbul.

Kara, H., Dönmez Şahin M. ve Ay, Ş. 2010. İklim Değişikliğinin Uşak'ta Tarım Ürünlerine Etkisi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 3(1), 39-46.

Karadaş, K. ve Aksoy, E. 2019. Iğdır İlinde Yonca Üretimi Ve Ekonomik Önemi. Zeugma II. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresİ, 18-20 Ocak, Gaziantep.

Khoshroo, A., Emrouznejad, A., Ghaffarizadeh, A., Kasraei, M. ve Omid, M. 2018. Sensitivity Analysis of Energy İnputs in Crop Production Using Artificial Neural Networks. Journal of Cleaner Production, 197, 992-998.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Iqbal, J., Shamshirband, S., Omid, M., Anuar, N.B. ve Abdulwahab, A.W. 2015. A Comparative Study Between Artificial Neural Networks and Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems for Modeling Energy Consumption in Greenhouse Tomato Production: A Case Study in Isfahan Province. The Journal of Agricultural Sicience, 17, 49-62.

Liu, Z.W., Liang, F.N. ve Liu, Y.Z. 2018. Artificial Neural Network Modeling of Biosorption Process Using Agricultural Wastes in a Rotating Packed Bed. Applied Thermal Engineering, 140, 95-101.

Myttenaera, A., Golden, B., Grand, B.L. ve Rossi, F. 2016. Mean Absolute Percentage Error for Regression Models. Neurocomputing, 192, 38-48.

Oğuz, K. ve Pekin, M.A. 2019. Predictability of Fog Visibility with Artificial Neural Network for Esenboga Airport. European Journal of Science and Technology, 15, 542-551.

Oppenheim, D. ve Shani, G. 2017. Potato Disease Classification Using Convolution Neural Networks. Advances in Animal Biosciences, 8(2), 244-249.

Özkan, U. 2020. Türkiye Yem Bitkileri Tarımına Karşılaştırmalı Genel Bakış ve Değerlendirme. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research (TURKAGER), 1(1), 29-43.

Özkan, U. ve Şahin Demirbağ, N. 2016. Türkiye'de Kaliteli Kaba Yem Kaynaklarını Mevcut Durumu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 9 (1), 23-27.

Özkan, U., Sevimay C.S. ve Şahin Demirbağ, N. 2015. Yonca (Medicago sativa L.)' da Kış Dormansisi ve Ölçüm Metodu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 8(1), 51-53.

Özmen, A., Şıklar, E., Durucasu, H., Atlas, M. ve Er, F. 2013. İstatistik II. Anadolu Üniversitesi, 218s., Eskişehir.

Öztürk, M.Z., Çetinkaya G. ve Aydın, S. 2017. Köppen-Geiger İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye'nin İklim Tipleri. Coğrafya Dergisi, 35, 17-27.

Sattari M. T., Apaydıb H. ve Shamshirband S. 2020. Performance Evaluation of Deep Learning-Based Gated Recurrent Units (GRUs) and Tree-Based Models for Estimating ETo by Using Limited Meteorological Variables. Mathematics, 8(6), 972.

Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. ve Papendick, R.I. 1986. Estimating Generalized Soil water Characteristics from Texture. Soil Science Society of America Journal, 50(4), 1031-1036.

Ser, G. ve Bati, C. T. 2019. Derin Sinir Ağları ile En İyi Modelin Belirlenmesi: Mantar Verileri Üzerine Keras Uygulaması. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(3), 406-417.

Steele, K.P., Ickert-Bond, S.M., Zarre, S. ve Wojciechowski, M.F. 2010. Phylogeny and Character Evolution in Medicago (Leguminosae): Evidence From Analyses of Plastid trnK/matK and Nuclear GA3ox1 Sequences. Am J Bot. 97(7), 1142–1155.

Soylu, S. ve Sade, B. 2012. İklim Değişikliğinin Tarımsal Ürünlere Etkisi Üzerine Bir Araştırma Projesi. Mevlana Kalkınma Ajansı, Proje No: TR51/12/TD/01/020, Konya.

Şen, B. 2009. Bölgesel İklim Modelleri Kullanılarak Çukurova Yöresinde İklim Değişikliğinin 1. ve 2. Ürün Mısır Verimine Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 308s., Adana.

Terzi, İ., Özgüven, M.M., Altaş, Z. ve Uygun, T. 2019. Tarımda Yapay Zeka Kullanımı. International Erciyes Agriculture, Animal & Food Sciences Conference, 24-27 April, Kayseri.

Thivierge M.N., Jégo G., Bélanger G., Bertrand A., Tremblay G.F., Rotz C. A. ve Qian B. 2016. Predicted Yield and Nutritive Value of an Alfalfa–Timothy Mixture under Climate Change and Elevated Atmospheric Carbon Dioxide. Agronomy Journal, 108(2), 585-603.

Torricelli, R. 2006. Evaluation of Lucerne Varieties for Organic Agriculture. 26th EUCARPIA, 3-7 September, Perugia.

Uno, Y., Prasher, S.O., Lacroix, R., Goel, P.K., Karimi, Y., Viau, A. ve Patel, R.M. 2005. Artificial Neural Networks to Predict Corn Yield From Compact Airborne Spectrographic Imager Data. Computers and Electronics in Agriculture, 47, 149-161.

Ustaoğlu, B. 2009. Türkiye'de İklim Değişikliğinin Fındık Tarımına Olası Etkileri. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İklim ve Deniz Bilimleri Anabilim Dalı, 83s., İstanbul.

Uzundurukan, S. ve Saplıoğlu, K. 2019. Bilimsel Çalışmalarda Kullanılan Yapay Zeka Uygulamalarının ve Trendlerinin İncelenmesi. DÜMF Mühendislik Dergisi, 10(1), 249-262.

Wieder, W.R., Boehnert J., ve Bonan G.B. 2014. Evaluating soil biogeochemistry parameterizations in Earth system models with observations, Global Biogeochem. Cycles, 28, 211–222.

Yılmaz, E. ve Çiçek, İ. 2016. Türkiye Thornthwaite iklim sınıflandırması. Journal of Human Science, 13(3), 3973-3994.

Zaefizadeh M., Jalili A., Khayatnezhad M., Gholamin R. ve Mokhtari T. 2011. Comparison of Multiple Linear Regressions (MLR) and Artificial Neural Network (ANN) in Predicting The Yield Using Its Components in The Hulless Barley. Advances in Environmental Biology, 109.

Zhang, J., Zhang, L., Zhang, M. ve Watson, C. 2009. Prediction Of Soybean Growth And Development Using Artificial Neural Network And Statistical Models. Acta Agronomica Sinica, 35(2), 341-347.

Zhang, X., Han, L.,Dong, Y., Shi, Y., Huang, W., Han, L., González-Moreno, P., Ma, H., Ye, H. ve Sobeih, T. 2019. A Deep Learning-Based Approach For Automated Yellow Rust Disease Detection From High-Resolution Hyperspectral UAV Images. Remote Sensing, 11(1554), 1-16.

EK 1: YSA modelleme python kodu

```
import pandas as pd
import tensorflow as tf
from tensorflow import keras
from tensorflow.keras import layers
import matplotlib.pyplot as plt
varsenaryo={"s1":
["MT_1","MT_2","MT_3","MT_4","MT_5","MT_6","MT_7","MT_8","MT_9","MT_1
0","MT_11","MT_12","MT_YEAR","T30D","T5D","MANUEL_1","MANUEL_2","M
ANUEL_3","MANUEL_4","MANUEL_5","MANUEL_6","MANUEL_7","MANUEL
_8","MANUEL_9","MANUEL_10","MANUEL_11","MANUEL_12","MANUEL_YE
AR","HGT","LAT","LON","AWT_T_SOC","T_BULK_DEN","T_C","T_CEC_CLAY
","T_CLAY","T_GRAVEL","T_OC","T_PH_H2O","T_REF_BULK","T_SAND","T_
SILT","MY","MPT"],
"s2":
["MT_1","MT_2","MT_3","MT_4","MT_5","MT_6","MT_7","MT_8","MT_9","MT_1
0","MT_11","MT_12","MT_YEAR","T30D","T5D","MANUEL_1","MANUEL_2","M
ANUEL_3","MANUEL_4","MANUEL_5","MANUEL_6","MANUEL_7","MANUEL
_8","MANUEL_9","MANUEL_10","MANUEL_11","MANUEL_12","MANUEL_YE
AR","HGT","LAT","T_BULK_DEN","T_C","T_PH_H2O","T_SILT","MY","MPT"],
"s3":
["MT_3","MT_4","MT_5","MT_6","MT_7","MT_8","MT_9","MT_10","MT_11","MT
_12","MT_YEAR","T30D","T5D","MANUEL_3","MANUEL_4","MANUEL_5","MA
NUEL_6","MANUEL_7","MANUEL_8","MANUEL_9","MANUEL_10","MANUEL_
11","MANUEL_12","MANUEL_YEAR","HGT","LAT","T_CEC_CLAY","T_CLAY"
,"T_OC","MY"],
"s4":
["MT_1","MT_2","MT_3","MT_4","MT_5","MT_6","MT_7","MT_8","MT_9","MT_
YEAR","T30D","T5D","MANUEL_1","MANUEL_2","MANUEL_3","MANUEL_4",
"MANUEL_5","MANUEL_6","MANUEL_7","MANUEL_8","MANUEL_9","MANU
EL_YEAR","HGT","LON","T_C","T_OC","T_PH_H2O","T_SAND","T_SILT","MY"
],
"s5":
["MT_4","MT_5","MT_6","MT_7","MT_8","MT_9","MT_YEAR","T30D","T5D","M
ANUEL_4","MANUEL_5","MANUEL_6","MANUEL_7","MANUEL_8","MANUEL
_9","MANUEL_YEAR","AWT_T_SOC","T_BULK_DEN","T_GRAVEL","T_REF_B
ULK","MY","MPT"],
"s6":
["MT_YEAR","T30D","T5D","MANUEL_YEAR","HGT","LAT","LON","MY","MPT
"],
"s7":["MT_YEAR","T30D","T5D","MANUEL_YEAR","HGT","MY"],
"s8":["MT_YEAR","MANUEL_YEAR","MY"],
"s9":["MT_YEAR","MANUEL_YEAR"],
"s10":["T30D","T5D","MANUEL_YEAR","MY"],
"s11":["T30D","T5D","MANUEL_YEAR"]
}
```

```
def okuyucu(ur,sht,senaryo):
df=pd.read_excel(ur, sheet_name=sht)
return(df[senaryo], df[["Y"]])
def build_model():
Lr='relu'
model=keras.Sequential([
layers.Dense(x,activation=Lr,input_shape=[sl]),
layers.Dense(y,activation=Lr),
layers.Dense(1,activation=Lr),
])
optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(lr=lr,decay=dcy)
model.compile(loss='mae',
optimizer=optimizer,
metrics=["mae"])
return model
########## ayarlar ######
senaryo=["s1","s2","s3","s4","s5","s6","s7","s8","s9","s10","s11"]
epoch=[300,150]
lrate=[0.0001,0.001]
decy=[0.001,0.01]
############################
for snry in senaryo:
xyvars=varsenaryo[snry]
sl=len(xyvars)
x_train, y_train=okuyucu('girdi.xls','train',xyvars)
for x,y in zip([100,200],[50,100]):
for epch in epoch:
EPOCHS=epch
for lr in lrate:
for dcy in decy:
model=build_model()
history=model.fit(x_train,y_train,epochs=EPOCHS, validation_split=0.2, verbose=0)
loss=history.history["loss"]
loss=pd.DataFrame({"loss":loss})
val_loss=history.history["val_loss"]
val_loss=pd.DataFrame({"val_loss":val_loss})
plt.plot(loss)
plt.plot(val_loss)
flnm=snry+"_n"+str(x)+"x"+str(y)+"_ep"+str(EPOCHS)+"_lr"+str(lr)+"_dcy"+str(dcy)
plt.title(flnm)
plt.savefig("png/"+flnm+".jpg")
plt.show()
model.save("ysa/"+flnm+".h5")
writer = pd.ExcelWriter("ysa/"+flnm+".xls",engine='xlsxwriter')
workbook=writer.book
loss.to_excel(writer,sheet_name='loss',index=False)
val_loss.to_excel(writer,sheet_name='val_loss',index=False)
writer.close()
```

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Muhammet Ali PEKİN

Doğum Yeri :Kırıkkale

Doğum Tarihi : 24.09.1985

Yabancı Dili :İngilizce (YDS 65)

Eğitim Durumu

Lise :Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesi (2004)

Lisans :Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği (2011)

Lisans :Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri (2018)

Yüksek Lisans :Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı (2021)

Çalıştığı Kurum ve Yıl

Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2005–Devam Ediyor