Güncel Mühendislik Bilimleri Araştırmaları

Kavramlar, Araştırmalar ve Uygulamalar

Editörler

Alper Polat & Özal Yıldırım

LIVRE DE LYON

2023

Mühendislik Bilimleri

Güncel Mühendislik Bilimleri Araştırmaları

Kavramlar, Araştırmalar ve Uygulamalar

Editörler

Alper Polat & Özal Yıldırım

LIVRE DE LYON

Lyon 2023

Güncel Mühendislik Bilimleri Araştırmaları

Kavramlar, Araştırmalar ve Uygulamalar

Editörler

Alper Polat & Özal Yıldırım

LIVRE DE LYON

Lyon 2023

Güncel Mühendislik Bilimleri Araştırmaları Kavramlar, Araştırmalar ve Uygulamalar

Editors •. Asst. Prof. Dr. Alper Polat • Orcid: 0000-0002-6368-5276
Assoc. Prof. Dr. Özal Yıldırım • Orcid: 0000-0001-5375-3012
Cover Design • Motion Graphics
Book Layout • Motion Graphics
First Published • March 2023, Lyon

ISBN: 978-2-38236-528-1

copyright © 2023 by Livre de Lyon
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without prior written permission from the Publisher.

Publisher • Livre de Lyon
Address • 37 rue marietton, 69009, Lyon France
website • http://www.livredelyon.com
e-mail • livredelyon@gmail.com

LIVRE DE LYON

ÖNSÖZ

Disiplin içi ya da disiplinlerarası yapılan akademik çalışmalar birçok farklı düşüncenin sentezlenmesine olanak tanımaktadır. Özellikle, araştırmacıların teorik ya da uygulamalı çalışmalarını ilgili alanlarda yayın imkânı sunan dergi ve kitaplarda sunmaları oldukça önemlidir ve aktarılabilir becerilerin geliştirilmesine yardımcı olur. "Güncel Mühendislik Araştırmaları: Kavramlar, Araştırmalar ve Uygulamalar" kitap projesi farklı disiplinden akademik çalışmalara, uygulamalara ve görüşlere özel önem vererek, çeşitli mühendislik alanlarını değerlendiren bilim insanlarını ve mühendisleri bir araya getirmiştir. Özenle seçilen makaleler alanlarında uzman hakemler tarafından incelenmiş ve yayınlanmak üzere onaylanmıştır. Bu kitabın mühendislik bilimleri alanlarındaki akademisyen ve araştırmacıların ilgisini çekeceği ve bilim dünyasına yararlı olacağı editör ve yayın kurulu tarafından umulmaktadır.

Alper Polat & Özal Yıldırım

İÇİNDEKİLER

	ÖNSÖZ	**I**
BÖLÜM I.	DEPREMSELLİK GÖSTERGELERİ İLE LSTM VE ANFIS MODELLERİ KULLANARAK DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ TAHMİNLEME ***İlker GÜR & Gökhan KAYHAN***	1
BÖLÜM II.	ODUN ESASLI KOMPOZİT MALZEMELER VE UYGULAMALARI ***Oğuzhan YÜKSEL & Ahmet İPEKÇİ***	27
BÖLÜM III.	MÜHENDİSLİK TASARIM PROBLEMLERİ İÇİN BAL PORSUĞU ALGORİTMASI ***Emine BAŞ***	55
BÖLÜM IV.	IOT DESTEKLİ SÜRÜ YÖNETİM SİSTEM MODELİ TASARIMI ***Kamil Aykutalp GÜNDÜZ & Fatih BAŞÇİFTÇİ***	67
BÖLÜM V.	BİTLİS İLİ ARAZİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ ***Çağrı MERCAN***	83
BÖLÜM VI.	CAM İŞLETMESİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME İÇİN DEĞER AKIŞ HARİTALAMA İrem DÜZDAR ARGUN ***& Büşra BALIKÇIOĞLU Tuğçe ÖZDEMİR***	99

BÖLÜM I

DEPREMSELLİK GÖSTERGELERİ İLE LSTM VE ANFIS MODELLERİ KULLANARAK DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ TAHMİNLEME

Earthquake Magnitude Prediction Using LSTM and ANFIS Models by Seismic Indicators

İlker GÜR[1] & Gökhan KAYHAN[2]

[1](Arş. Gör.), Samsun Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Yazılım Mühendisliği Bölümü,
Ondokuz Mayıs, Samsun, Türkiye,
e-mail: ilker.gur@samsun.edu.tr,
ORCID: 0000-0002-0773-2891

[2](Dr. Öğr. Üyesi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Atakum, Samsun, Türkiye,
e-mail: gkayhan@omu.edu.tr,
ORCID: 0000-0003-3391-0097

1. Giriş

Depremler, aniden meydana gelen ve yıkıcı etkiye sahip doğal afetlerdir. Bariz bir uyarı olmadan ortaya çıktığı için potansiyel can ve mal kayıplarına neden olur. Depremler, gerçekleştiği bölgenin ekonomik ve sosyal durumunu olumsuz etkiler. Ayrıca, tsunami, sel, toprak kayması, yangın gibi diğer doğal afetlerin meydana gelmesine sebep olabilir. Bu afetler de ulaşım, iletişim, sağlık gibi hayati faaliyetlerin durmasına neden olabilir. Bu nedenle,

depremler ve diğer doğal afetlerin etkisini minimize etmek için önlemler alınması gerekmektedir (Yousefzadeh vd., 2021). Deprem tahminleri, depremlerin doğrudan veya dolaylı olarak neden olduğu kayıpları önlemek ve azaltmak, tedbir almak ve hazırlık yapmak için insanlar tarafından yapılmaktadır. Zamanında ve doğru bir tahmin, depremlerin yıkıcı etkisinden en az hasarla kurtulmak için önlem almayı sağlar. Bu nedenle, deprem tahmini insanlık için son derece önemli ve değerli bir konudur. Deprem tahmini, gelecekte bir depremin ne zaman, nerede ve ne kadar büyüklükte olacağını doğru bir şekilde tahmin etmek anlamına gelir. Bu tahminleri yapabilmek için depremin zaman, konum, büyüklük ve derinlik gibi parametrelerini belirlemek gereklidir. Burada önemli olan, bu parametreleri kullanarak tanımlanan bir yaklaşımın veya modelin, gelecekteki bir depremi başarılı bir şekilde tahmin edebilmesidir. Deprem tahmini çalışmaları, doğa olaylarından, teorik jeofizikten, sismik bölgelerin kataloglarında kaydedilen deprem parametrelerinin istatistiksel, matematiksel ve hesaplamalı modellerine kadar çeşitli alanları kapsamaktadır (Adeli ve Panakkat, 2009). Şimdiye kadar deprem tahmini için tam anlamıyla başarılı bir yöntem bulunamamıştır, ancak bu alanda yapılan çalışmalar devam etmektedir. Deprem oluşumunun rastgele davranışı ve karmaşık yapısı sebebiyle tam bir yöntem bulmak mümkün olmayabilir. Bazı bilim adamları depremin tahmin edilebilir olduğunu öne sürerken, diğerleri ise bu fikre karşı çıkmaktadır (Panakkat ve Adeli, 2007). Tahmin edilebilir olduğunu iddia eden bilim adamlarının karşılaştığı zorluklar arasında yer kabuğunun hareketinden kaynaklı sıkışıklık, basınç, sıcaklık gibi değerleri ölçebilecek hassas mekanizmanın yetersizliği ve sismologlar, jeologlar ve bilgisayar bilimciler arasındaki iş birliği eksikliği yer almaktadır. Ancak, güncel araştırmalar, bilim adamlarının deprem tahmini için çeşitli yaklaşımlarda bulunduğunu göstermektedir. Bu alanda daha fazla çalışma yapılması ve kullanılabilir bir yöntem geliştirilmesi gerekmektedir. Deprem tahmini için hidrolojik analiz, iyonosferik analiz, hayvan davranışlarının gözlenmesi, radon gazı salınımı gözlenmesi, elektromanyetik alan düzensizliklerinin izlenmesi gibi öncüllere dayanan yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu bu öncüllere bağlıdır ve bu öncüllerin tespit edilmesi zordur (Asim vd., 2016). Çünkü her deprem oluşumunda bu öncüller ile karşılaşılmayabilir. Deprem tahmini için sismik tarihsel verilerin kullanıldığı yöntemler de önerilmiştir. Matematiksel, istatiksel ve hesaplamalı modeller gibi yaklaşımlar kullanılmıştır (Berhich vd., 2021). Yıllardır bilim adamları, başarılı yöntemler için araştırma yapmaktadır ancak buna henüz ulaşılamamış olması bu alandaki araştırmaların aktif bir şekilde sürmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Son yıllarda yapay zekâ alanındaki gelişmeler, birçok problem için çözümler sunarak farklı alanlarda başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bu gelişmeler arasında, hava tahmini, finansal tahmin, hastalık teşhisi gibi alanların yanı sıra deprem tahmini problemi de yer almaktadır. İlk başlarda makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak deprem tahmini yapılmaya çalışılmış, ancak ham verilerin işlenmesinde sınırlılıklar yaşanmıştır. Bu nedenle geliştirilen derin öğrenme yöntemleri, deprem tahmini için kullanılmaya başlanmıştır. Derin öğrenme yöntemleri, verilerin aşamalı şekilde katmanlar kullanılarak işlenmesiyle oluşturulan modellerdir. Bu modellerdeki katmanlar arası bilgi aktarımı, bir katmanın kendinden önceki katmandan bilgi alarak kendi bilgisini güncellediği bir durumu kapsamaktadır. Deprem tahmini probleminde, zamana dayalı ve ardışık verilerin kullanılması söz konusudur. Sismoloji ve bilgisayar bilimi arasındaki ortaklık kurularak, derin öğrenme yöntemleri kullanılarak oluşturulan modellerin verimliliği artırılabilir ve önemli sonuçlar elde edilebilir. Bu nedenle, deprem tahmini probleminde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı önem kazanmaktadır ve sismoloji alanında çalışan araştırmacıların, bilgisayar bilimi uzmanlarıyla birlikte çalışarak bu alandaki gelişmeleri takip etmeleri gerekmektedir.

Deprem büyüklüğü tahmini, afet sonrası etkinin öngörülmesi ve dolayısıyla afet kurtarma süreçlerinin düzeyinin belirlenmesinde kritik bir rol oynar. Bu çalışmada önerilen AFAD kurumunun deprem kataloğundan elde edilen veriler kullanılarak deprem büyüklüğü tahmin modeli, deprem sonrası yaralı sayısı, binalardaki hasar ve ekonomik kaybın tahmini gibi başka çalışmaların yapılmasını da mümkün kılmaktadır. Ayrıca afet yardım süreçlerinde yerel ve merkezi yönetim birimleri için etkin planlar oluşturulabilmesi önemli bir durumdur. Bu amaçla gelecekteki bir diğer araştırma alanı da deprem büyüklüğü tahmininin, afet yönetimi kapsamında diğer çalışmalarla tümleşik hale getirilmesidir. Böylelikle yardım tesislerinin konumlandırılması ve kapasitelerinin belirlenmesi önceden yapılabilir ve dağıtılacak yardım malzemelerinin talep miktarları, büyüklük tahmin modeli ile birleştirilerek bütünsel bir yapı oluşturulabilir.

2. Literatür Taraması

Depremin özelliklerine dayalı çeşitli yaklaşımlar ve sismoloji yasaları tarafından sağlanan eşitliklerden yararlanarak, literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Panakkat ve Adeli tarafından, Gutenberg-Richter Yasası ve karakteristik deprem büyüklük dağılımına göre seçilen, matematiksel olarak

hesaplanan, depremsellik göstergeleri olarak adlandırılan sekiz parametre ilk kez bu çalışmada tanıtılmaktadır. Bu parametreler; önceden tanımlanmış bir eşik değerinden daha büyük büyüklükteki son n olay üzerinde geçen süre, son n olayın ortalama büyüklüğü, salınan sismik enerjinin karekök oranı, b-değeri olarak bilinen Gutenberg-Richter ters kuvvet yasası eğrisinin eğimi, η-değeri olarak bilinen Gutenberg-Richter ters kuvvet yasasına dayalı regresyon doğrusu etrafındaki ortalama sapma karesinin toplamı, büyüklük açığı veya Gutenberg-Richter ters güç yasasına dayalı olarak gözlemlenen ve beklenen büyüklükler arasındaki fark, μ-değeri olarak bilinen karakteristik veya tipik olaylar arasındaki ortalama süre, c-değeri olarak bilinen ortalama zamanın veya ortalamanın periyodikliğinin varyasyon katsayısı olarak tarif edilmektedir. Bu parametreler ileri beslemeli Levenberg-Marquardt geri yayılımı sinir ağı (LMBP), tekrarlayan sinir ağı (RNN) ve radyal tabanlı fonksiyon sinir ağı (RBF) modellerine verilmektedir. Buradaki amaç bir sonraki ayda en büyük sismik olayın büyüklüğünü tahmin etmektir. RNN modelinin, LMBP ve RBF ağları ile karşılaştırıldığında en iyi tahmin doğruluğunu verdiği görülmektedir (Panakkat ve Adeli, 2007). Panakkat ve Adeli tarafından, bu parametreler kullanılarak sismik bir bölgede önceden tanımlanmış bir gelecek zaman periyodundaki en büyük depremin büyüklüğünü tahmin etmek üzere olasılıksal sinir ağı (PNN) önerilmektedir. Önerilen model, büyüklüğü 4.5-6.0 arasında olan depremleri tahmin etmek için başarılı tahmin sağladığı görülmektedir (Adeli ve Panakkat, 2009). Panakkat göstergeleri, depremlerin yerini ve zamanını tahmin etmek için RNN modeli sunulmak üzere de kullanılmıştır. Buradaki amaç ilk olarak depremin büyüklüğünü hesaplamak için daha önceki çalışmada önerilmiş olan tekrarlayan sinir ağı modelinin geliştirilmesi, daha sonra da depremin yerini ve zamanını bulmak için geliştirilen bu modelin kullanılması olarak belirlenmiştir (Panakkat ve Adeli, 2009).

Narayanakumar ve Raja tarafından, Himalaya gibi geniş bir coğrafyanın 128 yıllık deprem kayıtları toplandıktan sonra Panakkat depremsellik göstergeleri hesaplanmıştır. Bu depremsellik göstergeleri, üç katmanlı bir ileri beslemeli geri yayılımlı (FFBP) sinir ağı modeline girdi olarak verilmiştir. Modelin 4.0-6.0 arasındaki depremlerin tahmininde başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir (Narayanakumar ve Raja, 2016).

Asim ve arkadaşları, Hindukush bölgesinin deprem büyüklüğü tahmini için bu depremsellik göstergelerini kullanmaktadır. Örüntü tanıma sinir ağı (PRNN), RNN, rastgele orman (RF) ve doğrusal programlama yükseltme (LPBoost) topluluk sınıflandırıcı olmak üzere dört makine öğrenme tekniği ayrı

ayrı uygulanmaktadır. Deprem tahmin problemi ikili sınıflandırma görevi olarak ele alınarak büyüklüğü 5.5 veya daha büyük olan depremler için 1 aylık süre için tahminler yapılmaktadır. LPBoost topluluk sınıflandırıcısı %65 ile diğer modeller içinde en yüksek başarıyı elde etmiştir (Asim vd., 2016). Asim ve arkadaşları, diğer bir çalışmasında depremsellik göstergeleri için bilgi kazanımı tekniği kullanarak sekiz depremsellik göstergesinden daha uygun olan altısı kullanmaktadır. Tahmin problemi sınıflandırma problemi olarak ele alınmıştır ve sınıflandırma algoritmaları olarak ileri beslemeli sinir ağı (FFNN), RNN, RF, çok katmanlı algılayıcı (MLP), RBF ve destek vektör makinesi (SVM) kullanılmaktadır. Bu algoritmaların doğruluk değerlerinin karşılaştırılmasının yanında istatistiksel testler de uygulanmıştır. İleri beslemeli sinir ağı modeli %75'lik doğruluk oranıyla diğer modeller arasında en yüksek başarı değerine sahiptir (Asim vd., 2017).

Rafiei ve Adeli tarafından belirli bir zaman diliminde, önceden tanımlanmış bir büyüklük eşiğinden daha büyük bir deprem olup olmadığını bulmak amacıyla bir sınıflandırma algoritmasının (Sinirsel Dinamik Sınıflandırma (NDC), PNN, Gelişmiş Olasılıksal Sinir Ağı (EPNN) ve SVM) ve o depremin maksimum gerçekleşme olasılığı ile yerini bulmak amacıyla bir optimizasyon algoritmasının (Adeli ve Park'ın Sinirsel Dinamik Optimizasyonu (NDAP)) birlikte kullanılmasıyla bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Parametre olarak Panakkat depremsellik göstergeleri kullanılmaktadır. En uygun depremsellik göstergelerini modelde kullanabilmek için bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Tüm sınıflandırma algoritmaları doğruluk açısından %90'ın üzerinde doğruluk göstermektedir (Rafiei ve Adeli, 2017).

3. Yöntem

Deprem tahmini için kullanılacak veri kümesi, ham deprem verisinden sismoloji yasaları tarafından sağlanan eşitliklerden yararlanarak çıkarılacak özellikleri barındırmaktadır. Bu işlem için depremsellik göstergelerinden olan Panakkat depremsellik göstergeleri literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Elde edilen veriler kullanılarak uzun-kısa vadeli bellek ağları ve uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi ile deprem büyüklüğü tahmin modeli oluşturulmuştur.

3.1. Panakkat Depremsellik Göstergeleri

Depremsellik parametrelerinin incelenmesi, deprem mekanizmasının daha iyi anlaşılmasını kolaylaştırabilir ve tahmin problemine katkı sağlayabilir.

Çoğu durumda, depremsellik parametrelerindeki çeşitlilik, deprem oluşumu ile ilişkilendirilebilir ve gelecekteki güçlü sarsıntılar için bir uyarıcı olarak kabul edilebilir. Bu sebeple, depremlerden öncü uyarıların değişimine dayanan depremsellik göstergeleri, son zamanlarda popüler bir çalışma alanıdır. Bu depremsellik parametreleri, matematiksel olarak hesaplanır ve iyi bilinen jeofizik ve sismolojik gerçeklere dayanır. Deprem tahmin çalışmaları için literatürde önerilen farklı jeofizik ve sismik parametreler vardır (Panakkat ve Adeli, 2007; Reyes vd., 2013; Zamani vd., 2013). Göstergelerin bazıları birden fazla yaklaşımla hesaplanabilirken, değişken bir parametreye bağlı olan göstergeler de vardır. Her bölge farklı jeolojik özelliklere sahip olabilir. Dolayısıyla, bir bölge için iyi performans gösteren bir dizi gösterge, diğer bölgeler için benzer performansı gösteremeyebilir.

Panakkat ve Adeli, depremsellik göstergeleri olarak adlandırdıkları matematiksel olarak tanımlanmış sekiz depremsellik parametresi sunmaktadır. Bu göstergeler, bir bölgenin depremsellik potansiyelini değerlendirmek için kullanılabilir. Bu göstergeler, verilen bölge için deprem büyüklüklerinin kayıtları ve mevcut verilerin periyodu kullanılarak hesaplanmaktadır (Panakkat ve Adeli, 2007). Parametreler, Gutenberg-Richter yasasının sismik gerçeklerini, sismik enerji salınımını, depremlerin ön şok sıklığı ve tekrarlama zamanlarını ifade eder. Böylece sekiz parametreden oluşan öznitelik vektörü bölgenin iç jeolojik durumunu temsil etmektedir.

Bu sekiz depremsellik göstergesi içinden; üç tanesi deprem büyüklüğünün zamansal dağılımından bağımsızdır, üç tanesi Gutenberg-Richter ters güç yasası zamansal büyüklük dağılımına dayanmaktadır ve 2 tanesi karakteristik zamansal deprem büyüklük dağılımına dayanmaktadır.

3.1.1. T Değeri

Önceden tanımlanmış bir eşik değerinden daha büyük büyüklükteki son n sayıda olay üzerinden geçen süre olarak tanımlanmaktadır.

$$T = T_n - T_1 \tag{1}$$

Burada; T_n, n'inci olayın meydana gelme zamanıdır ve T_1, 1'inci olayın meydana gelme zamanıdır.

T değeri, büyüklük için seçilen eşik değerine bağlı olarak, öncü depremlerin sıklığının bir ölçüsüdür. Bu durumda, büyük bir T değeri, yaklaşmakta olan büyük bir sismik olayın meydana gelme olasılığının daha düşük olduğunu

gösterir. Tersine, küçük bir *T* değeri, yaklaşan büyük bir sismik olayın meydana gelme olasılığının daha yüksek olduğunu gösterir.

3.1.2. Ortalama Büyüklük

Son n olayın büyüklüklerinin ortalaması şeklinde tanımlanmaktadır.

$$M_{ortalama} = \frac{\sum_i M_i}{n} \tag{2}$$

3.1.3. Salınan Sismik Enerjinin Karekök Oranı

T zaman içinde salınan sismik enerjinin karekök oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$dE^{1/2} = \frac{\sum E^{1/2}}{T} \tag{3}$$

Burada; *E*, Richter büyüklüğünden hesaplanan erg birimindeki enerjidir.

$$E = 10^{(11.8+1.5M)} \tag{4}$$

Sismik enerji, her faydan düzenli olarak küçük sismik olaylar şeklinde salınır. Sismik enerji salınımı daha uzun süre durursa fayda birikmeye başlar ve durum sismik durgunluk olarak bilinir. Biriken enerji büyük bir deprem şeklinde açığa çıkabilir. Bu nedenle, aynı zamanda değerli bir sismik öncü olarak kabul edilir (Asim vd., 2017).

3.1.4. b-değeri ve a-değeri

Bu parametreler, deprem büyüklüğü ve frekansı için Gutenberg-Richter ters güç yasasına dayanmaktadır. *b*-değeri, deprem frekansı-büyüklük eğrisinin logaritmasının eğimi olarak tanımlanmaktadır. *b*-değeri, odak malzemesinin özellikleriyle ilgilidir ve bir bölgenin tektonik özelliklerini temsil eder (Narayanakumar ve Raja, 2016). *b*-değeri önemli bir sismik özellik olarak kabul edilmektedir. Bölgenin sismik analizi ve deprem tahmini için çok sayıda araştırmacı tarafından büyük ölçüde kullanılmaktadır.

$$\log_{10} N = a - bM \tag{5}$$

Burada; *N*, büyüklüğü *M* veya daha büyük olan olayların sayısıdır ve *a* ve *b* sabitlerdir.

a ve *b* değerleri, doğrusal en küçük kareler regresyon analizi kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$b = \frac{\left(n \cdot \sum_i (M_i \cdot \log N_i)\right) - \left(\sum_i M_i \cdot \sum_i \log N_i\right)}{\left(\left(\sum_i M_i\right)^2 - \left(n \cdot \sum_i M_i^2\right)\right)} \quad \textbf{(6)}$$

$$a = \frac{\sum_i (\log N_i + bM_i)}{n} \quad \textbf{(7)}$$

Burada; M_i, *i*. olayın büyüklüğüdür, N_i, büyüklüğü M_i veya daha büyük olan olayların sayısıdır, *n*, sismik olayların toplam sayısıdır.

a ve *b* değerleri, doğrusal maksimum olabilirlik yöntemi kullanılarak da hesaplanmaktadır:

$$b = \frac{\log e}{ort(M) - min(M)} \quad \textbf{(8)}$$

$$a = \log N + b \cdot \min(M) \quad \textbf{(9)}$$

Burada; *ort*(*M*), verilen örneğin ortalama büyüklüğü ve min(*M*) minimum büyüklüğüdür.

3.1.5. η*-değeri*

Gutenberg - Richter ters kuvvet yasasına dayalı olarak regresyon çizgisinden ortalama sapma karesinin toplamı olarak ifade edilmektedir. Bu parametre Gutenberg-Richter büyüklük-frekans ilişkisine göre tanımlanmaktadır.

$$\eta = \frac{\sum_i \text{üüü } N_i - \ a - bM_i \ ^2}{(n-1)} \quad \textbf{(10)}$$

η-değeri ne kadar düşükse, gözlenen dağılımın ters güç yasası kullanılarak tahmin edilmesi o kadar olasıdır. Oysaki yüksek bir η-değeri, daha yüksek rastgeleliği ve büyüklük-frekans dağılımını açıklamak için güç yasasının uygunsuzluğunu göstermektedir.

3.1.6. Büyüklük Açıklığı

Gutenberg-Richter ilişkisine dayalı olarak gözlemlenen en büyük büyüklük ile beklenen en büyük büyüklük arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır.

$$\Delta M = M_{max,gözlenen} - M_{max,beklenen} \quad \textbf{(11)}$$

Burada; $M_{max,gözlenen}$, son *n* olayda gözlemlenen maksimum büyüklük ve $M_{max,beklenen}$, ters güç yasası ilişkisine dayalı olarak son *n* olaydaki maksimum büyüklük olarak tanımlanır.

En büyük büyüklükteki bir olay muhtemelen *n* olay arasında yalnızca bir kez meydana geleceğinden, $N = 1$ ve dolayısıyla $\log N = 0$ olur. Bu durumda $M_{max,beklenen} = a / b$ şeklinde tanımlanır.

3.1.7. μ-değeri

Karakteristik veya tipik olaylar arasındaki ortalama süre olarak tanımlanmaktadır. Karakteristik olaylar birçok teori üzerine ortaya atılmış bir kavramdır. Bu teoriler, sismik olarak aktif birçok bölgede deprem oluşum sürecinin, büyük depremlerin yaklaşık olarak eşit zaman aralıklarıyla noktalandığı bir zamansal model izlediğine dair aynı temel hipoteze dayanmaktadır.

Diğer bir deyişle; büyük depremler arasındaki ara zamanların nispeten sabit olduğu söylenebilir. Bu bağlamda büyüklükler; 7.0-7.5 büyüklüğündeki depremler, tek bir karakteristik büyüklük olarak gruplandırılmaktadır.

Karakteristik olaylar, ideal olarak yaklaşık eşit zaman dilimleriyle ayrılmalıdır.

$$\mu = \frac{\sum_i t_{i_{karakteristik}}}{n_{karakteristik}} \quad \textbf{(12)}$$

Burada; $t_{i_{karakteristik}}$, M_i büyüklüğündeki karakteristik olaylar arasında gözlemlenen geçen süredir, $n_{karakteristik}$, karakteristik olayların toplam sayısıdır.

3.1.8. c-değeri

Karakteristik olaylar arasındaki ortalama zamanın değişim katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Bu parametre, sismik bölgenin büyüklük dağılımının karakteristik dağılıma yakınlığının bir ölçüsüdür.

$$c = \frac{\sigma_t}{\mu} \quad \textbf{(13)}$$

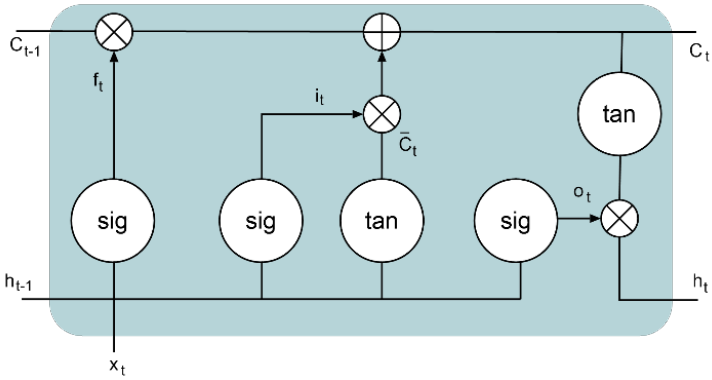
Burada; σt, gözlemlenen zamanın standart sapması ve μ karakteristik olaylar arasındaki ortalama süre olarak ifade edilir.

Yüksek bir c-değeri, hesaplanan ortalama süre ile karakteristik olaylar arasında gözlemlenen ortalama süre arasında büyük bir farkı gösterir. Tersine, düşük bir c-değeri, hesaplanan ortalama süre ile karakteristik olaylar arasında gözlenen süre arasında küçük bir fark olduğunu gösterir.

3.2. Uzun-Kısa Vadeli Bellek Ağları

Uzun-kısa vadeli bellek ağları, tekrarlayan sinir ağı modellerinden biridir ve Sepp Hochreiter ve Jurgen Schmidhuber tarafından 1997 yılında önerilmiştir. Bu ağlar, standart tekrarlayan sinir ağlarından daha iyi bilgi depolama ve bu bilgiye erişim özelliğine sahiptir. Ayrıca, sıralı veriler için gayet başarılı sonuçlar vermektedir. Uzun-kısa vadeli bellek ağları, geçmiş verileri kullanmayı öğrenebilir ve uzun süreli aralık ilişkileri içeren verilerin doğrusal olmayan öğrenme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, uzun-kısa vadeli bellek ağları, gelişmiş bir tekrarlayan sinir ağı olarak kabul edilmektedir (Parameswaran vd., 2018). Tekrarlayan sinir ağlarında uzun süreli aralık ilişkileri içeren veriler tekrarlamalar ilerledikçe en baştaki kritik bilgileri dışarıda bırakabilir. Uzun-kısa vadeli bellek ağları, bu sorunu kısa süreli bellek çözümü ile giderir. Uzun-kısa vadeli bellek ağları, kapı adı verilen iç mekanizmalarla bilgi akışını ayarlayabilir (Abri ve Artuner, 2022).

Uzun-kısa vadeli bellek ağları blokları, hafıza bloğu içerisinde bulunan girdi kapısı, unutma kapısı ve çıktı kapısı denilen kapı birimlerinden oluşmaktadır. Girdi kapısı, hafıza hücresine veri girişini kontrol eder. Çıktı kapısı, hafıza hücresinin diğer bloklara çıkışını kontrol eder. Unutma kapısı ise önceki blok çıktılarının mevcut blok içerisinde ne derecede etkili olacağını belirler.



Şekil 1: Uzun-Kısa Vadeli Bellek Ağı Hücresi

Bu kapılar, hücreye erişimi kontrol eder. Ağ, kapıları kontrol etmeyi öğrenir ve herhangi bir zamanda ağın ağırlık değerini güncellemeye veya kullanmaya karar verir (González vd., 2019). Uzun-kısa vadeli bellek hücresinin işlemleri şu şekildedir:

Adım 1: Uzun-kısa vadeli bellek hücrelerindeki ilk adım, hangi bilginin belirli bir zaman adımında hücreden çıkarılacağına karar vermektir. Bu kararı belirlemek için sigmoid fonksiyonu kullanılır. Fonksiyon, mevcut girdi ve önceki durumun birleşimiyle hesaplanır.

$$f_t = \sigma(W_{f,x} \cdot X_t + W_{f,h} \cdot h_{t-1} + b_f) \quad \textbf{(14)}$$

Adım 2: İkinci adımda iki ayrı fonksiyon kullanılır: sigmoid fonksiyonu ve tanh fonksiyonu. Sigmoid fonksiyonunda, hangi değerlerin eşik değeri olarak kabul edileceği belirlenir. tanh fonksiyonunda ise, iletilen değerler önem düzeyine göre ağırlıklandırılır.

$$i_t = \sigma(W_{i,x} \cdot X_t + W_{i,h} \cdot h_{t-1} + b_i) \quad \textbf{(15)}$$

$$\tilde{C}_t = \text{üüü} \; W_{c,x} \cdot X_t + W_{c,h} \cdot h_{t-1} + b_c \quad \textbf{(16)}$$

Adım 3: Üçüncü adımda yeni bilgiler oluşturulur. Unutma ve girdi kapıları, yeni ve eski durumun hangi kısımlarının dahil edileceğini seçerek yeni hücre durumuna karar vermektedir.

$$C_t = C_{t-1} \cdot f_t + i_t \cdot \tilde{C}_t \quad \textbf{(17)}$$

Adım 4: Dördüncü adımda, çıktının ne olacağına karar verilir. İlk olarak, hücre durumunun hangi bölümlerinin çıktıya ulaştığına karar veren bir sigmoid fonksiyonu kullanılır. Ardından, hücre durumu tanh fonksiyonuna verilir ve sigmoid fonksiyonunu çıktısı ile çarpılır.

$$o_t = \sigma(W_{o,x} \cdot X_t + W_{o,h} \cdot h_{t-1} + b_o) \quad \textbf{(18)}$$

$$h_t = o_t \; \text{üüü} \; C_t \quad \textbf{(19)}$$

Buradaki ifadeler şu şekilde tarif edilmektedir:

i_t : girdi kapısı, f_t : unutma kapısı, o_t : çıktı kapısı,

C_t : hücre durumu, $\tilde{C}_t$: hücre girdi aktivasyonu,

h_t : gizli katman durumu, h_{t-1} : son gizli katmanın durumu,

$W_{f,x}$, $W_{i,x}$, $W_{c,x}$ ve $W_{o,x}$ ağırlıklar ve b_f, b_i, b_c ve b_o bias değerleri,

X_t : girdi ve σ: sigmoid fonksiyonu

3.3. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi

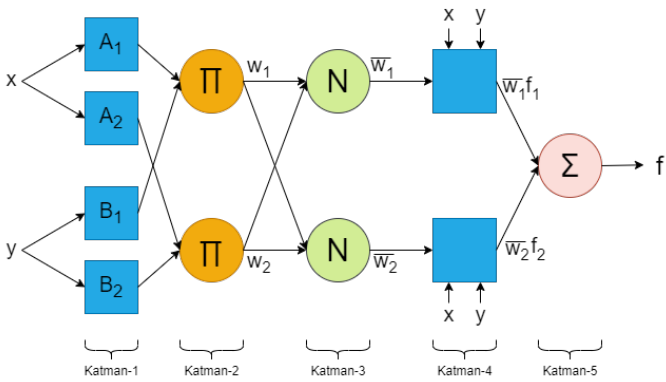
Sistem modellemesi, belirsiz sistemlerle uğraşmak için bulanık çıkarım sistemleri kullanabilir. Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemleri (ANFIS) olarak adlandırılan, bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının güçlü yönlerini birleştiren hibrit akıllı sistemler geliştirilmiştir (Jang, 1993). ANFIS, bulanık kurallar ve şart koşulan girdi-çıktı verilerine dayalı girdi-çıktı eşlemesi oluşturmak için tasarlanmıştır. Uyarlanabilir bir sistem çerçevesi olan ANFIS, sistematik ve insan bilgisine daha az bağımlı hale getirir. ANFIS, katmanlı uyarlanabilir ağ tabanlı bir bulanık çıkarım sistemidir. İnsan benzeri davranış ve akıl yürütme becerilerini gösterir ve öğrenme süreciyle girdi-çıktı verileri arasındaki ilişkiyi analiz eder. Üyelik fonksiyonları, ileri yayılım, geri yayılım veya en küçük kareler yöntemiyle ayarlanabilir. ANFIS modeli, bulanık kural tabanlı Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemi temel alınarak tasarlanmıştır. Yapay sinir ağı kısmında, yapay sinir ağlarından türetilen öğrenme algoritmaları kullanılır. ANFIS, doğrusal olmayan fonksiyonları modellemek ve kaotik zaman serilerini tahmin etmek için kullanılır.

ANFIS mimarisi beş katmandan oluşur. Her katman düğümler içermektedir. Bu düğümler, uyarlanabilir düğümler ve sabit düğümler şeklinde iki türden oluşur. Uyarlanabilir düğümler kare şeklinde sembollerle, sabit düğümler ise daire şeklinde sembollerle gösterilirler. Uyarlanabilir düğümler, öğrenme süreci nedeniyle değişebilen parametrelerdir.

X ve Y girişli, F çıkışlı, Takagi-Sugeno kural tabanlı iki bulanık EĞER-ÖYLEYSE kuralı olduğu varsayılsın.

$$\begin{aligned} &Kural-1: EĞER\ x,\ A_1\ ve\ y, B_1,\ ÖYLEYSE\ f_1 = p_1x + q_1y + r_1 \\ &Kural-2: EĞER\ x,\ A_2\ ve\ y, B_2,\ ÖYLEYSE\ f_2 = p_2x + q_2y + r_2 \end{aligned} \quad \textbf{(20)}$$

Burada, x ve y girdilerdir; Ai ve Bi bulanık kümelerdir; fi, bulanık kural tarafından belirtilen bulanık bölge içindeki çıktıdır; ve pi, qi ve ri eğitim sürecinde belirlenen tasarım parametreleridir.



Şekil 2: Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi

ANFIS mimarisindeki her bir katmanın düğüm fonksiyonları ve katmanların işleyişi sırasıyla şu şekilde tarif edilebilir:

Katman-1: Bu katmandaki her i düğümü bir uyarlanabilir düğümü temsil eder ve bir düğüm işlevine sahiptir.

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x), \quad i = 1, 2$$
$$O_i^1 = \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \tag{21}$$

Burada, x ve y, i düğümlerinin girdisidir. A_i ve B_i, bu düğüm işleviyle ilişkili dilsel etiketlerdir. $\mu_{A_i}(x)$, $\mu_{B_i}(y)$ bulanık üyelik fonksiyonu olarak kabul edebilir. O_i^1 katmanın çıktısıdır.

Genellikle $\mu_{A_i}(x)$'in maksimum 1 veya minimum 0'a eşit, çan şeklinde olarak seçilir. Parametreler değiştikçe, çan şeklindeki işlevler değişir ve bu nedenle, dilsel etiket, A_i üzerinde çeşitli üyelik fonksiyonları biçimlerini gösterir.

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + [(\frac{x - c_i}{a_i})^2]^{b_i}} \tag{22}$$

Buradaki a_i, b_i ve c_i parametreleri, öncül parametreler olarak tanımlanır. Bu parametrelerin değerleri değiştikçe, çan şeklindeki işlevler buna göre değişir, böylece dilsel etiket A_i üzerinde çeşitli üyelik işlevleri biçimleri sergiler.

Katman-2: Bu katmandaki düğümler, sabit düğümü temsil eder. Bu katmanın sonucu, tüm girdilerin çarpımıdır. Daha farklı bir deyişle, buraya

gelen sinyaller çarpılır ve ürün dışarı iletilir. Bu bir kuralı ateşleme gücünü ifade eder. Aslıda ağırlıkların üretildiği katmandır.

$$O_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y), \quad i = 1, 2 \tag{23}$$

Katman-3: Bu katmandaki düğümler, sabit düğümü temsil eder. i. düğüm, i. kuralın tetikleme gücünün tüm kuralların tetikleme güçlerinin toplamına oranını hesaplar. Bu katmanın çıktısına normalleştirilmiş ateşleme gücü(ağırlık) denir.

$$O_i^3 = \overline{w_i} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1, 2 \tag{24}$$

Katman-4: Bu katmandaki her i düğümü bir uyarlanabilir düğümü temsil eder ve bir düğüm işlevine sahiptir.

$$O_{iiii}^4 = \overline{w} \cdot f = \overline{w}\left(p\,x + q\,y + r\right), \quad i = 1, 2 \tag{25}$$

Burada, $\overline{w_i}$, Katman-3'ün çıktısıdır ve $\{p_i, q_i, r_i\}$ parametre setidir. Bu katmandaki parametreler sonuç parametreleri olarak kabul edilir.

Katman-5: Bu katmandaki tek düğüm, sabit düğümü temsil eder ve gelen tüm sinyalleri toplayıp ağın çıktısını hesaplar.

$$O_i^5 = \sum_i \overline{w_i} \cdot f_i = \frac{\sum_i w_i \cdot f_i}{\sum_i w_i} \tag{26}$$

Bu mimari için öğrenme algoritmasının görevi, $\{a_i, b_i, c_i\}$ ve $\{p_i, q_i, r_i\}$ gibi tüm değiştirilebilir parametreleri ANFIS çıktısını eğitim verileriyle eşleştirecek şekilde ayarlamaktır. Bu mimaride, değiştirilebilir sonuç parametreleri olan p_1, q_1, r_1, p_2, q_2 ve r_2'nin doğrusal bir birleşimidir. Bu parametrelerin optimal değerlerinin belirlenmesinde en küçük kareler yöntemi kolaylıkla kullanılabilir. Değişken öncül parametrelerin arama uzayını büyütmesi ve eğitimin yakınsamasının yavaşlaması gibi zorluklarla karşılaşıldığında, en küçük kareler yöntemi ile gradyan iniş yönteminin birleştirildiği hibrit bir öğrenme algoritması kullanılır. Hibrit algoritma, bir ileri ve geri geçişten oluşmaktadır. İleri beslemede girdi parametreleri sabit olarak alınır ve sonuç parametrelerinin değerleri en küçük kareler yöntemi ile belirlenir. Sonuç parametreleri geri beslemede sabit olarak alınır ve geri yayılım öğrenme algoritması girdi parametrelerini hesaplar.

ANFIS uygulamalarında çok sayıda girdi değişkeni kullanımı verimliliği düşürebilir. Bu sorunu çözmek için ızgara bölümleme veya çıkarıcı kümeleme tekniği kullanılabilir. Izgara bölümleme, veri kümesini dikdörtgen alt alanlara böler ve girdi değişkenleri için kurallar oluşturur (Pandit ve Panda, 2021). Çıkarıcı kümeleme ise küme sayısını ve konumlarını tahmin edebilir ve küme çapını belirleyerek kural sayısını kontrol edebilir. Bu yöntemde küme sayısının belirlenmesinde kümenin etki yarıçapı önemlidir. Küme çapı küçük seçilirse çok sayıda küme ortaya çıkacak ve bunun sonucunda kural sayısı artacaktır (Mirrashid, 2014).

4. Modelleme Çalışması

Deprem büyüklüğünü tahmin etmek için ham deprem verileri toplandıktan sonra depremsellik göstergeleri hesaplanarak yeni veri kümeleri elde edilmiştir. Bu veri kümeleri, LSTM ağlarında ve ANFIS yönteminde kullanılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1. Veri Kümesinin Hazırlanması

Çalışma için kullanılan veri kümesi, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı veya kısaltma adıyla AFAD kurumunun deprem kataloğundan elde edilmiştir. Geriye dönük olarak son 5 yıllık, son 10 yıllık ve son 20 yıllık deprem verileri için tarih, büyüklük, derinlik, konum (enlem-boylam olarak) özellikleri filtrelenmiştir. Bu filtreleme yapılırken, Tablo 1›deki kriterler ve gerekçeler göz önüne alınmıştır. Son 5 yıllık süre içinde 3238 adet, son 10 yıllık süre içinde 5813 ve son 20 yıllık süre içinde 6830 adet kayıt elde edilmiştir.

Tablo 1: Veri Kümesi Filtreleme Kriterleri ve Gerekçeleri

Özellik	**Kriter**	**Gerekçe**
Tarih	01.01.2016 – 31.12.2020	Türkiye'de Son 5 Yıl Depremleri
	01.01.2010 – 31.12.2020	Türkiye'de Son 10 Yıl Depremleri
	01.01.2001 – 31.12.2020	Türkiye'de Son 20 Yıl Depremleri
Büyüklük	3.0 – 9.0	Hissedilen Büyüklük Aralığı
Derinlik	0 – 150 km	Türkiye'de Depremlerin Derinliği
Enlem	36.00° – 42.00°	Türkiye'nin Matematiksel Konumu
Boylam	26.00° – 45.00°	

Elde edilen ham veri kümelerinden özellik çıkarma işlemleri kullanılarak yeni veri kümeleri türetilmiştir. Panakkat depremsellik göstergeleri kullanılarak

yeni özellikleri barındıran veri kümeleri elde edilmiştir. Son 5 yıllık deprem kayıtlarını barındıran veri kümesinde eşik büyüklüğü ilk olarak 4.0 seçilmiştir. Bu seçime göre depremsellik göstergeleri hesaplanmıştır. Yine aynı veri kümesinde eşik büyüklüğü sırasıyla 4.5 ve 5.0 seçilerek depremsellik göstergeleri hesaplanmıştır. Böylelikle bir ham veri kümesinden 3 farklı yeni veri kümesi elde edilmiştir. Bu işlem son 10 yıllık ve son 20 yıllık deprem kayıtlarını barındıran veri kümeleri için de yapılmıştır. Nihayetinde 9 farklı veri kümesi elde edilmiştir. Bu veri kümeleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Bu çalışma kapsamında depremsellik göstergeleri ile hesaplanmış veri kümelerinin kullanıldığı çalışmalar ele alınmıştır. Bu veri kümeleri kullanılmadan önce yani modellere verilmeden önce son bir ön işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem de veri normalleştirme işlemidir. Minimum-Maksimum ölçeklemeye dayalı olarak veriler, 0-1 aralığında normalleştirilmiştir.

$$X_{normalize} = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} \quad i = 1, 2, \ldots, n$$
$$X_{ölçekli} = X_{normalize} \cdot (\max - \min) + \min \tag{27}$$

Burada, X_i, veri kümesinin *i*. elemanını, $X_{\min}$, veri kümesinin en küçük değerini, $X_{\max}$, veri kümesinin en büyük değerini ve (min, max) ölçeklenecek aralığı temsil eder.

Tablo 2: Yıllara Göre Ham Deprem Verisinden Türetilmiş Yeni Veri Kümeleri

Ham Deprem Veri Kümesi	Eşik Büyüklüğü	Yeni Veri Kümesi
Son 5 Yıllık	4.0	VK1
	4.5	VK2
	5.0	VK3
Son 10 Yıllık	4.0	VK4
	4.5	VK5
	5.0	VK6
Son 20 Yıllık	4.0	VK7
	4.5	VK8
	5.0	VK9

Elde edilmiş veri kümeleri modellere verilirken ilk önce rastgeleliği sağlamak adına tüm veri önerilen bir metot ile karıştırılmıştır. Şekil 3'te bir

sözde kod ile açıklanmıştır. Karıştırılan verinin %80'lik kısmı eğitim için kalan kısmı ise test için kullanılmıştır.

```
Fonksiyon degistokus (Dizi verikumesi)
  Atama dizi_uzunluk = len(verikumesi)
  For i = 0 ... dizi_uzunluk
    Atama rastgele_indis = rastgele(0, dizi_uzunluk)
    Atama gecici_deger = verikumesi[rastgele_indis]
    Atama verikumesi[rastgele_indis] = verikumesi[-rastgele_indis]
    Atama verikumesi[-rastgele_indis] = gecici_deger
  Son
Döndür Dizi verikumesi
```

Şekil 3: Karıştırma Metodunun Sözde Kodu

4.2. Uzun-Kısa Vadeli Bellek Ağlarının Uygulanması

Uzun-kısa vadeli bellek ağlarının (LSTM) tasarımı Python programlama dilinde yapılmıştır. Bu tasarım yapılırken Python dilinde yazılmış olan açık kaynak kodlu bir sinir ağı kütüphanesi olan Keras kütüphanesi kullanılmıştır. Mimari olarak 64 nörondan oluşan bir tane girdi katmanı, 0.1 değerine sahip bir bırakma katmanı, 64 nörondan oluşan bir tane gizli katman ve son olarak 1 nörondan oluşan bir tane yoğun katman yapıdadır. Girdi ve gizli katmandaki ilk başlangıç ağırlıkları glorot_normal yoğun katmanda ise random_normal olarak seçilmiştir. Girdi ve gizli katmanda, optimizasyon ve aşırı öğrenmeyi önlemek adına katmanların bias değerleri için bias_regularizer kullanılmıştır ve değer olarak 0.01 seçilmiştir. Tüm katmanlarda aktivasyon fonksiyonu olarak sızdıran ReLU kullanılmıştır. Ağın eğitimi için öğrenme yöntemi olarak RMSprop fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonda öğrenme oranı 0.002 ve momentum değeri 0.8 olarak seçilmiştir. Veri kümesinin %80'lik kısmı eğitim için kalan kısmı ise test için kullanılmıştır. Eğitim verisi içinden %20'lik kısım eğitim esnasında geçerleme için kullanılmıştır. Eğitim esnasında ağa verilen alt örneklerin sayısı (batch_size) 64 olarak belirlenmiştir. Eğitim 200 epokta tamamlanmıştır. Eğitim sürecindeki hata, ortalama karesel hata olarak hesaplanmıştır.

Önerilen LSTM ağı modeline oluşturulan veri kümeleri tek tek verilerek 9 farklı senaryo için modelin sonuçları elde edilmiştir. Değerlendirme ölçütleri olarak eğitim ve test veri kümeleri için hata oranları Kök Ortalama Karesel Hata

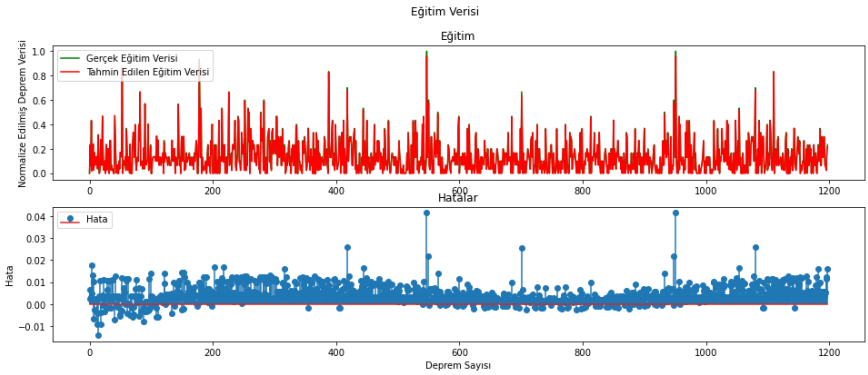
(RMSE) ve Ortalama Karesel Hata (MSE) hesaplanarak ortaya konulmuştur. Ayrıca modelin başarımını göstermek adına R^2 skoru hesaplanmıştır.

LSTM modeli uygulamasında tüm senaryolar için hangi veri kümesinin kullanıldığı, toplam kaç adet kayıt olduğu ile eğitim ve test veri kümelerinin eleman sayısı Tablo 3'te gösterilmiştir.

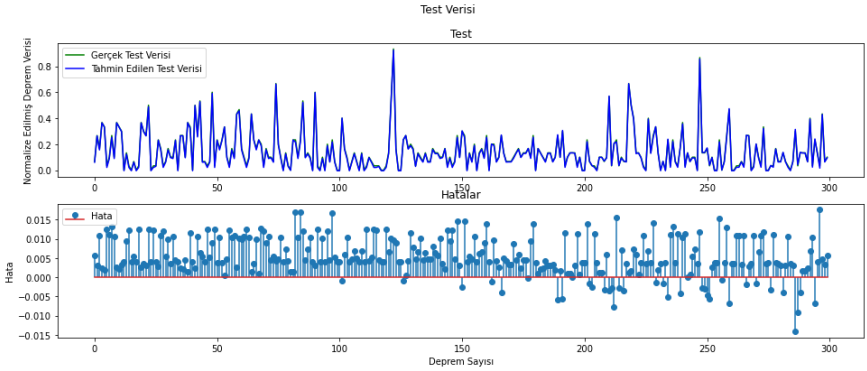
Tablo 3: LSTM Uygulamasında Senaryolar

Senaryo No	Veri Kümesi No	Veri Kümesi Eleman Sayısı		
		Eğitim	Test	Toplam
1	VK1	419	105	524
2	VK2	120	31	151
3	VK3	36	10	46
4	VK4	850	213	1063
5	VK5	252	63	315
6	VK6	74	19	93
7	VK7	1198	300	1498
8	VK8	419	105	524
9	VK9	133	34	167

Senaryolar için eğitim süreci tamamlandıktan sonra, eğitim ve test olarak ayrılmış veri kümeleri üzerinde tahminlemeler yapılmıştır. Yapılan tahminlemeler sonrasında en iyi sonuçlar, eğitim veri kümesinde Senaryo-7 gerçekleştiğinde, test veri kümesinde de yine Senaryo-7 gerçekleştiğinde elde edilmiştir. En iyi sonuçlar, Senaryo-7 için eğitim veri kümesi üzerinde tahminlemeler yapıldığında Şekil 4'te gösterilen grafik ile, test veri kümesi üzerinde tahminlemeler yapıldığında Şekil 5'te gösterilen grafik ile sunulmaktadır.



Şekil 4: Senaryo-7'deki Eğitim Verisinin Tahmin Sonuçları ve Hataları



Şekil 5: Senaryo-7'deki Test Verisinin Tahmin Sonuçları ve Hataları

Senaryolar için eğitim ve test veri kümelerinin hata oranları ve başarım oranları Tablo 4'te toplu olarak verilmiştir.

Tablo 4: LSTM Uygulamasında Tüm Senaryolar İçin
Eğitim ve Test Veri Kümelerinin Hata Oranları ve Başarımları

Senaryo No	Eğitim Veri Seti			Test Veri Seti		
	RMSE	MSE	R^2	RMSE	MSE	R^2
1	0.01050	0.00011	0.99460	0.01863	0.00035	0.98726
2	0.02204	0.00049	0.98429	0.02572	0.00066	0.98254
3	0.03470	0.00120	0.98324	0.05053	0.00255	0.96060
4	0.01111	0.00012	0.99204	0.01429	0.00020	0.98971
5	0.01688	0.00028	0.98838	0.02531	0.00064	0.98702
6	0.02965	0.00088	0.97729	0.04378	0.00192	0.96375
7	0.00615	0.00004	0.99802	**0.00742**	**0.00006**	**0.99747**
8	0.02136	0.00046	0.97679	0.02658	0.00071	0.97369
9	0.03352	0.00112	0.97045	0.04223	0.00178	0.96405

4.3. Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sisteminin Uygulanması

Uyarlamalı ağ tabanlı bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) tasarımı Matlab R2019a ortamında yapılmıştır. Bu tasarım yapılırken Sugeno tip bir yapı kullanılmıştır. Mimari olarak yedi depremsellik göstergesi olduğu için 7 girdi, deprem büyüklüğü için 1 çıktı değişkeni, her girdi değeri için iki dilsel etiket atanmış ve 128 (2^7) kural içeren bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Bulanık çıkarım sistemi oluşturulurken ızgara bölümleme seçilmiştir. Girdi üyelik

fonksiyonu olarak gaussmf ve çıktı üyelik fonksiyonu olarak linear fonksiyon seçilmiştir. Ağın eğitimi için öğrenme yöntemi olarak geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Veri kümesinin %80'lik kısmı eğitim için %20'lik kısım ise test için kullanılmıştır. Eğitim 100 epokta tamamlanmıştır.

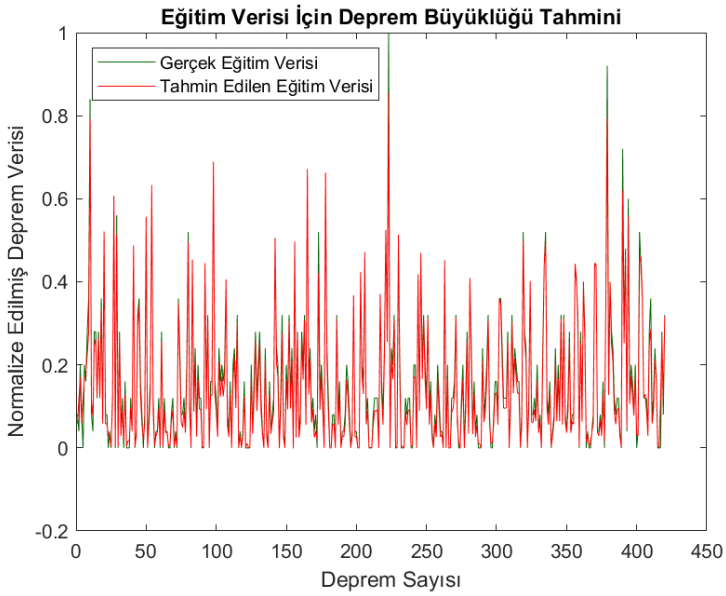
Önerilen ANFIS modeline oluşturulan veri kümeleri tek tek verilerek 9 farklı senaryo için eğitim ve test veri kümeleri üzerinde tahminler yapılmıştır ve modelin sonuçları elde edilmiştir. Eğitim ve test veri kümeleri için hata oranları Kök Ortalama Karesel Hata (RMSE) ve Ortalama Karesel Hata (MSE) hesaplanarak ortaya konulmuştur. Ayrıca modelin başarımını göstermek adına R^2 skoru hesaplanmıştır.

ANFIS modeli uygulamasında tüm senaryolar için hangi veri kümesinin kullanıldığı, toplam kaç adet kayıt olduğu ile eğitim ve test veri kümelerinin eleman sayısı Tablo 5'te gösterilmiştir.

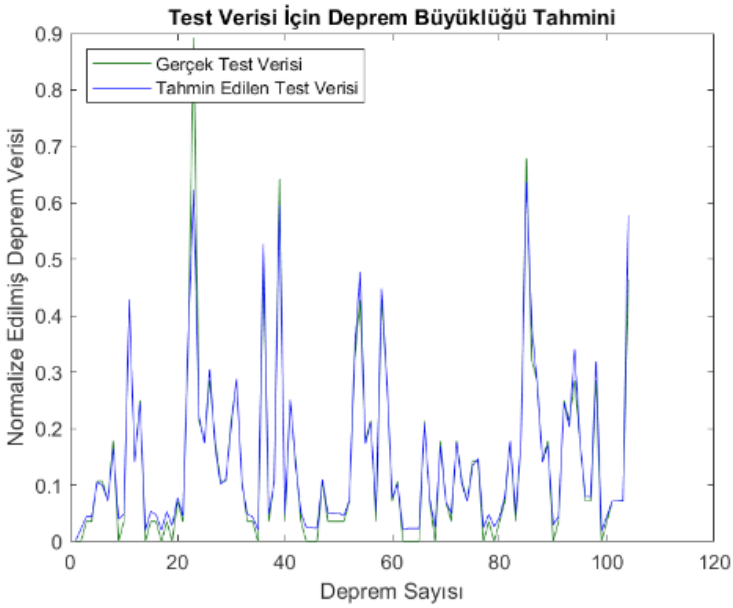
Tablo 5: ANFIS Uygulamasında Senaryolar

Senaryo No	Veri Kümesi No	Veri Kümesi Eleman Sayısı		
		Eğitim	Test	Toplam
10	VK1	419	105	524
11	VK2	120	31	151
12	VK3	36	10	46
13	VK4	850	213	1063
14	VK5	252	63	315
15	VK6	74	19	93
16	VK7	1198	300	1498
17	VK8	419	105	524
18	VK9	133	34	167

Senaryolar için eğitim süreci tamamlandıktan sonra, eğitim ve test olarak ayrılmış veri kümeleri üzerinde tahminlemeler yapılmıştır. Yapılan tahminlemeler sonrasında en iyi sonuçlar, eğitim veri kümesinde Senaryo-17 gerçekleştiğinde, test veri kümesinde Senaryo-10 gerçekleştiğinde elde edilmiştir. En iyi sonuçlar, Senaryo-17 için eğitim veri kümesi üzerinde tahminlemeler yapıldığında Şekil 6'da gösterilen grafik ile, Senaryo-10 için test veri kümesi üzerinde tahminlemeler yapıldığında Şekil 7'de gösterilen grafik ile sunulmaktadır.



Şekil 6: Senaryo-17'deki Eğitim Verisinin Tahmin Sonuçları



Şekil 7: Senaryo-10'daki Test Verisinin Tahmin Sonuçları

Senaryolar için eğitim ve test veri kümelerinin hata oranları ve başarım oranları Tablo 6'da toplu olarak verilmiştir.

Tablo 6: ANFIS Uygulamasında Tüm Senaryolar İçin Eğitim ve Test Veri Kümelerinin Hata Oranları ve Başarımları

Senaryo No	Eğitim Veri Seti			Test Veri Seti		
	RMSE	MSE	R^2	RMSE	MSE	R^2
10	0.09149	0.00837	0.96345	**0.09156**	**0.00838**	**0.95465**
11	0.12027	0.01446	0.91157	0.13490	0.01819	0.86965
12	0.17279	0.02985	0.90523	0.19625	0.03851	0.74457
13	0.09872	0.00974	0.82663	0.10880	0.01183	0.72592
14	0.08793	0.00773	0.80446	0.12686	0.01609	0.72360
15	0.12816	0.01642	0.80992	0.16097	0.02591	0.61472
16	0.09602	0.00922	0.83822	0.09844	0.00969	0.77973
17	0.09758	0.00952	0.97133	0.11185	0.01251	0.83441
18	0.13206	0.01744	0.78361	0.14556	0.02118	0.69572

4.4. Tartışma

Tablo 4 ve Tablo 6 incelendiğinde eğitim veri kümesi için, 0.99802 ile en yüksek R^2 puanına ve 0.00615 RMSE ve 0.00004 MSE ile en düşük hata oranlarına sahip senaryo, Senaryo-7'dir. Yine aynı şekilde Tablo 4 ve Tablo 6 incelendiğinde test veri kümesi için, 0.99747 ile en yüksek R^2 puanına ve 0.00742 RMSE ve 0.00006 MSE ile kök ortalama hata ile en düşük hata oranlarına sahip senaryo, Senaryo-7'dir. Burada kullanılan model LSTM ağı modelidir ve kullanılan veri kümesi VK7 olması durumudur. Buradaki VK7, son 20 yıllık veriler için eşik büyüklüğünün 4.0 seçildiğinde elde edilen veri kümesidir. Burada daha çok tarihsel verilerden yani uzak geçmiş verilerinden ve daha düşük eşik büyüklüğündeki verilerden gelecek için daha başarılı sonuçlar elde edilebileceği görülmektedir. Böyle bir yaklaşım deprem büyüklüğü tahmini yapmaya yardımcı olacaktır.

Öte yandan veri kümelerindeki eleman sayıları açısından inceleme yapılabilir. Her iki modelin uygulamasında ve veri kümelerinde eşik büyüklüğünün 4.0 seçildiği durumda yani veri kümesindeki elemanların en fazla olduğu durumlarda tahmin sonuçlarının sonraki durumlardaki hata oranlarından daha düşük olduğu ve başarımlarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Tablo 4 ve Tablo 6'ya bakıldığında, eğitim veri kümelerindeki 0.99802 ile en yüksek R^2 puanına ve 0.00615 RMSE ve 0.00004 MSE ile en düşük hata oranlarına sahip senaryo, Senaryo-7'dir. Yine Tablo 4 ve Tablo 6'ya bakıldığında, test veri kümelerindeki 0.99747 ile en yüksek R^2 puanına ve 0.00742 RMSE ve

0.00006 MSE ile en düşük hata oranlarına sahip senaryo, Senaryo-7'dir. Burada kullanılan model LSTM ağı modelidir ve kullanılan veri kümesi VK7 olması durumudur. Buradaki VK7, son 20 yıllık veriler için eşik büyüklüğünün 4.0 seçildiğinde elde edilen veri kümesidir.

5. Sonuç

Birdenbire oluşan ve yıkıcılığı fazla olan doğal afetlerden biri olan deprem, oluştuğu bölge ve civarı için maddi ve manevi kayıplara sebep olabilir. Bunların önüne geçmek ve önlem almak için deprem, tahmin edilmeye çalışılmış bir konudur. Deprem tahmini, bir depremin ne zaman, nerede, ne kadar büyüklükte olacağının etkili bir şekilde tahmin edilmesidir. Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ışığında birçok hayati problemlere çözümler önerilmiştir. Bu hayati problemlerden olan deprem için de çözüm önerileri getirilmiştir. Pratikte henüz tam bir tahmin öneri sistemi ortaya konmamış olsa da özellikle yapay zekâ alanındaki gelişmeler umut vericidir.

Bu çalışmayla, deprem büyüklüğü tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ilk olarak ham deprem verileri katalogdan elde edilmiştir. Burada uygulanan filtreler ile son 5 yıllık, son 10 yıllık ve son 20 yıllık deprem kayıtlarına ulaşılmıştır. Daha sonrasında literatürde depremsellik göstergeleri olarak isimlendirilen özellik çıkarma yöntemleri ile hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalar, yıllık bazda yapılan filtrelere göre her 5,10 ve 20 yıllık veriler için eşik büyüklüğü sırasıyla 4.0, 4.5 ve 5.0 seçilerek yapılmıştır. Ardından veriler 0-1 aralığında normalleştirilmiştir. Böylelikle 9 yeni veri kümesi oluşturulmuştur. İki farklı yöntem önerilmiş ve bu yöntemler bu 9 veri kümesi üzerinde uygulanmıştır. Her bir uygulama bir senaryo olarak nitelendirilmiştir. Senaryo 1-9 arası LSTM ağları yöntemi için, Senaryo 10-18 arası ANFIS yöntemi için oluşturulmuştur. Senaryo 1-3 arası ve Senaryo 10-12 arası son 5 yıllık verinin, Senaryo 4-6 arası ve Senaryo 13-15 arası son 10 yıllık verinin ve Senaryo 7-9 arası ve Senaryo 16-18 arası son 20 yıllık verinin sırasıyla LSTM ağı ve ANFIS yöntemlerine uygulanmasını ifade etmektedir.

Önerilen iki modelin de değerlendirme ölçütleri RMSE, MSE ve R^2 puanı olarak belirlenmiştir ve değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda daha çok tarihsel verinin barındığı, daha düşük eşik büyüklüğündeki veriler ve LSTM ağının yapısı itibariyle daha başarılı sonuçların elde edildiği görülmüştür. Bu tarife en uygun senaryonun Senaryo-7 olduğu başarılı sonuçlar ile ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada önerilen deprem büyüklüğü tahmin modeli, afet sonrası yaralı sayısı, binalardaki hasar ve ekonomik kaybın tahmini gibi çalışmaların yapılmasına olanak sağlamaktadır. Deprem büyüklüğü tahmininin diğer çalışmalarla entegre edilmesi, yardım tesislerinin konumlandırılması ve kapasitelerinin belirlenmesi gibi çalışmaların daha etkili bir şekilde yapılmasını sağlayabilir ve afet yardım operasyonları için etkin planlar oluşturulabilir. Gelecek çalışmalarda Türkiye coğrafyası için farklı deprem kataloglarının kullanılmasıyla daha fazla sayıda tarihsel verinin elde edilmesi ve bu verilere farklı özellik çıkarma yöntemlerinin uygulanmasıyla elde edilen yeni verinin yöntemlere uygulanmasıyla geliştirilen modellerin deprem tahminine faydalı sonuçlar üreteceği ve daha sonrasında daha geniş bir etki alanında kullanılması düşünülmektedir.

Kaynakça

Abri, R., and Artuner, H. (2022). LSTM-based deep learning methods for prediction of earthquakes using ionospheric data. Gazi University Journal of Science, 35(4), s. 1417-1431. doi:10.35378/gujs.950387

Adeli, H., and Panakkat, A. (2009). A probabilistic neural network for earthquake magnitude prediction. Neural Networks, 22(7), s. 1018-1024. doi:10.1016/j.neunet.2009.05.003

Asim, K., Martínez-Álvarez, F., Basit, A., and Iqbal, T. (2016). Earthquake magnitude prediction in Hindukush region using machine learning techniques. Natural Hazards, 85, s. 471-486. doi:10.1007/s11069-016-2579-3

Asim, K., Awais, M., Martínez–Álvarez, F., and Iqbal, T. (2017). Seismic activity prediction using computational intelligence techniques in northern Pakistan. Acta Geophysica, 65(5), s. 919-930. doi:10.1007/s11600-017-0082-1

Berhich, A., Belouadha, F.-Z., and Kabbaj, M. I. (2021). LSTM-based earthquake prediction: enhanced time feature and data representation. International Journal of High Performance Systems Architecture, 10, s. 1-11. doi:10.1504/IJHPSA.2021.115499

González, J., Yu, W., and Telesca, L. (2019). Earthquake Magnitude Prediction Using Recurrent Neural Networks. Proceedings, 24. doi:10.3390/IECG2019-06213

Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference system. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 23(3), s. 665-685. doi:10.1109/21.256541

Mirrashid, M. (2014). Earthquake magnitude prediction by adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) based on fuzzy C-means algorithm. Natural Hazards, 74, s. 1577-1593. doi:10.1007/s11069-014-1264-7

Narayanakumar, S., and Raja, K. (2016). A BP artificial neural network model for earthquake magnitude prediction in Himalayas, India. Circuits and Systems, 7(11), s. 3456-3468. doi:10.4236/cs.2016.711294

Panakkat, A., and Adeli, H. (2007). Neural network models for earthquake magnitude prediction using multiple seismicity indicators. International Journal of Neural Systems, 17, s. 13-33. doi:10.1142/S0129065707000890

Panakkat, A., and Adeli, H. (2009). Recurrent neural network for approximate earthquake time and location prediction using multiple seismicity indicators. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 24(4), s. 280-292. doi:10.1111/j.1467-8667.2009.00595.x

Pandit, A., and Panda, S. (2021). Prediction of earthquake magnitude using soft computing techniques: ANN and ANFIS. Arabian Journal of Geosciences, 14. doi:10.1007/s12517-021-07594-2

Parameswaran, S., Gopal, A. N., Revathi, D., and Senthamarai, M. (2018). Earthquake Prediction System by LSTM. International Journal of Intellectual Advancements and Research in Engineering Computations, 6(2), s. 1955-1960. https://ijiarec.com/ijiarec/article/view/762 adresinden alındı

Rafiei, M. H., and Adeli, H. (2017). NEEWS: A novel earthquake early warning model using neural dynamic classification and neural dynamic optimization. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 100, s. 417-427. doi:10.1016/j.soildyn.2017.05.013

Reyes, J., Morales-Esteban, A., and Martínez-Álvarez, F. (2013). Neural networks to predict earthquakes in Chile. Applied Soft Computing, 13(2), s. 1314-1328. doi:10.1016/j.asoc.2012.10.014

Yousefzadeh, M., Hosseini, S. A., and Farnaghi, M. (2021). Spatiotemporally explicit earthquake prediction using deep neural network. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 144, s. 106663. doi:10.1016/j.soildyn.2021.106663.

Zamani, A., Sorbi, M. R., and Safavi, A. A. (2013). Application of neural network and ANFIS model for earthquake occurrence in Iran. Earth Science Informatics, 6, s. 71-85. doi:10.1007/s12145-013-0112-8

BÖLÜM II

ODUN ESASLI KOMPOZİT MALZEMELER VE UYGULAMALARI

Wood-Based Composite Materials and Applications

Oğuzhan YÜKSEL1 & Ahmet İPEKÇİ2

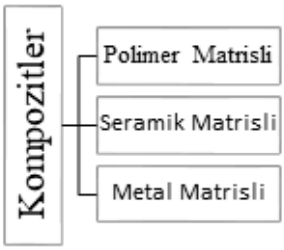
[1]*(Öğr. Gör.), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi,*
Bolu Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,
Tasarım Bölümü, İç Mekan Tasarımı Programı
e-mail: oguzhanyuksel@ef.ibu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-0220-7729

[2]*(Dr. Öğr. Üyesi), Düzce Üniversitesi,*
Dr. Engin PAK Cumayeri Meslek Yüksekokulu,
Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü,
Endüstriyel Kalıpçılık Programı
e-mail: ahmetipekci@duzce.edu.tr
ORCID: 0000-0001-9525-0536

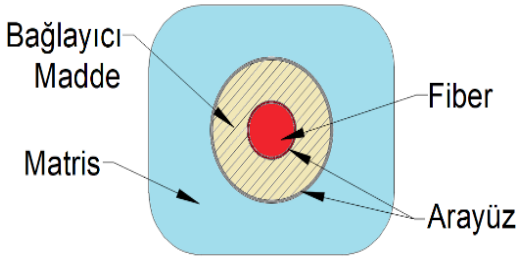
1. Giriş

Kompozit olarak tanımlanan malzemeler; En az iki malzeme veya daha fazla malzeme özelliklerinin de uyumlu olması şartıyla bu malzemeleri uygun bir yöntemle birleştirilmesi ile yeni özellikler sağlayan malzemeler haline dönüşmesidir.

Kompozit malzemeler polimer, seramik ve metal olmak üzere üç matris gruba ayrılmaktadır. Tek başlarına artı ve eksi yönleri bulunan bu malzemeler uygun şartlar altında birden fazla malzeme kullanılarak, eksik yönleri için diğerlerinin üstün özellikleri sayesinde daha iyi özelliklere sahip malzemeler haline gelmesi sağlanır (Kaya, 1995).



Şekil 1. Kompozit Malzemelerin Matrisleri



Şekil 2. Kompozit Malzeme Yapısı

1.1. Kompozit Malzemelerin Çeşitleri

Temel olarak kompozit malzemeler aşağıdaki geleneksel malzemelerde açıklanan bazı özelliklerden bir veya daha fazlasını iyileştirmek için uygulanmaktadır. Bunlar; (Url-1)

- Termal dayanımı,
- Korozyon dayanımı,
- Akustik iletkenliği,
- Elektrik iletkenliği,
- Estetik görünümü,
- Mukavemeti,
- Fiyatı,
- Ağırlığı.

Burada açıklanan kompozit malzemeler ana faz matrisi ve içine dağılmış takviye elemanlarından oluşmaktadır (Hahn ve Tsai, 1980). Ana ve takviye malzemeler olarak genelde metaller, camlar, plastikler ve seramikler kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler için yük taşıyan takviye elemanlarında fonksiyonların yerine getirilebilmesi için matris malzemelerin mekanik özellikleri çok önemlidir. Ana faz matrisi, takviye elemanına uygulanacak kuvvetin ara yüzey bağları sayesinde takviye edici faza yönlendirerek dağıtır. Bu sayede takviye fazını tasarlanan şekilde tutup tahribatını önler.

Üretim sırasında matris fazların tane büyüklük kontrolünü takviye faz sağlar ve maruz kalınan yük oranlarının paylaşımı ile karşı koyma sağlanır. Takviye elemanı ile matris faz arasında ki bağlayıcı görevini sağlayan ara yüz bağı, genelde kırılgan bir nitelikte olmasına karşın, maruz kaldığı bir gücü çözülmeden ve kırılmadan takviye faza nakleder. Bu da malzemenin elastikiyet

modülünü etkileyen en önemli bölgesidir. Bu nedenle kompozit malzemenin dayanımı, arayüz ilişkisinin istenilen biçimde olmasıyla ilgilidir (Qu, 1993).

Kısaca açıklandığı gibi kompozit malzemeler, mekanik dayanıklılığı yerine getiren lif vb. gibi farklı geometrik parçalar ve bu parçaların bir arada tutunmasını sağlayan metaller, seramikler ve polimer malzemelerden oluşur. Bünyelerinde çok fazla malzeme bulunduran kompozit malzemeleri tasniflemek çok farklı biçimlerde yapılabilmektedir. Ama en geniş tasnif, yapısındaki takviye ve matris malzemelerine bakılarak gerçekleştirilmektedir (Url-1).

2. Odun Esaslı Kompozit (OEK) Malzemelerin Kullanım Amaçları

Gelişen teknoloji ve nüfus artışı ile birlikte günümüzde sürekli artan bir tüketim artışı yaşanmaktadır. Böyle olmasına karşın ihtiyaç duyulan kaynakların kıtlığı ve üretim hızının yeterli olmayışı büyük bir sorun teşkil etmektedir. İlerleyen zamanlarda bu kaynakların yetersiz kalacağı ön görülmektedir. Yeteri kadar olmayan bu kaynaklar için alternatif ürünler geliştirmek en önemli çözüm yolu olacaktır. Bilindiği gibi kompozit malzemeler, bileşenlerinde tek başına bu malzemelerin kullanımına göre çok daha üstün özellikler veren iki veya daha fazla malzeme birleşimi olarak tanımlanabilmektedir. Kompozit malzemeleri oluşturan her malzeme ayrı ayrı kendi mekanik, kimyasal ve fiziksel özelliklerini korumaktadır (Campbell, 2004).

Kompozit malzemeler tüm sektörlerde çok geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu malzemelerin özellikleri; malzeme yoğunluğu ve kullanılan birleştirici tipi ve birleşme oranında ki değişiklikler sayesinde çeşitli çevresel etkilere, suya ve yangına karşı dayanımını arttırılabilmektedir (Moloney, 1996).

Yıllardır ahşap malzeme, yapı alanında kullanılmış olmakla birlikle zamanla yerini betonarme yapılara bırakmış ve uygulama alanları da zamanla azalmıştır. Son zamanlarda maliyet faktörünün daha da önemli duruma gelmesiyle ahşap ve odun kompozitlerinin kullanımı tekrar popüler duruma gelmiştir (Karade, 2010).

Bunla birlikte geleneksel odun kompozitlerinde kullanılan malzemeler, kereste, kaplama, talaş, lif ve yonga gibi atıklar ile kâğıt atıkları olarak sınıflandırılabilmektedir. Üretim aşamasında bu malzemeler çok veya tek tabakalı malzemelerin üretimleri için sertleştirici, tutkal, su itici ve koruyucu maddeler eklenerek oluşturulmaktadır (Valzano, 2007).

Kompozit malzemeler, 20. yüzyılın ortalarında modern teknolojinin beklentilerini karşılama potansiyeline sahip, gelecek vadeden bir mühendislik malzemesi olarak ortaya çıkmıştır (İpekçi, 2022; Vasiliev ve Morozov, 2018).

Kompozit malzeme, üstün özelliklere sahip yeni bir malzeme olarak çeşitli kimyasal ya da fiziksel özellikleri barındıran iki ya da daha çok malzemenin bir araya getirilmesidir (İpekçi, 2022; Kushwaha ve Bagha, 2020). Kompozit malzemelerde yüksek oranda olan matris faz, düşük oranda olan takviye elemanıdır. Kompozit malzemeler konvansiyonel malzemeler açısından, yeni malzemelerin özgül mukavemetinin, sertliğinin ve yorulma özelliklerinin yüksek olması sayesinde daha avantajlı konumdadır. Takviye elemanlarının kullanım amacı, daha sağlam ve güçlü yapılar oluşturmak için malzemeye gelen yüklerin desteklenmesine yardımcı olmaktır (İpekçi, 2022; Koodalingam vd., 2020) Kompozit malzemeler sağladığı üstünlükler sebebiyle gemi, uçak ve otomobil üretim endüstrilerinde çok fazla tercih edilmektedir (İpekçi, 2022; Kushwaha ve Bagha, 2020).

2.1. Odun Esaslı Kompozit Malzeme Çeşitleri

2.1.1. Yönlendirilmiş Yonge Levha Waferboard / Oriented Strandboard (OSB)

Yönlendirilmiş yonga levha, rutubet ve darbeye karşı dayanıklı bir ahşap malzemedir. OSB'nin dekoratif görünümü ve esnek yapısı nedeniyle özellikle Kanada ve Amerika'da duvar ve çatı kaplamalarında kullanılmaktadır. OSB 122x183 cm ebatlarında standart olarak üretilen bir ahşap esaslı levha olarak tanımlanabilir. Ama dayanımı ve kalitesi ahşap esaslı diğer ürünlere oranla daha üstün özelliklere sahiptir. Sebebi ise OSB'nin elektronik nem kontrollü bir ortamda kendi kontrollünü sağlayan makinelerin olduğu özel tesislerde belirlenen ölçülere uygun olarak üretilmesidir (Url-2).

Şekil 3. Yönlendirilmiş Yonga Levha (Url-2).

Ahşabın kullanıldığı birçok alanda kullanılan, muadili durumundaki yönlendirilmiş yonga levha. Üretiminde kullanılan tutkal çeşidine göre su ve neme karşı çok dayanıklı üretilebilmektedir. OSB, levha biçiminde boylu boyunca reçine ile karıştırılan ahşap yongalarının birbirine paralel yaymak suretiyle her katmanın diğer katman ile şaşırtmalı düzenlenerek, üst ile alt katman yönlerinin aynı olması sağlanıp, yüksek ısı ve basınç altında preslenerek elde edilmektedir. Bu şekilde üretilmesi sayesinde çivi çakmaya uygun olur. Neme, küf ve böceklere dayanıklıdır. Nakliyesi ve taşıması kolaydır. Tavan ve taban uygulamaları için dekoratif kaplamaya elverişlidir. Yapının güvenliğini artırır (Url-2).

2.1.1.1. Waferboard / oriented strandboard (OSB); kullanım yerleri ve teknik özellikler

Dünyada kabul gören standartlarda OSB malzemeler 1'den 4'e kadar olmak üzere numaralandırılmıştır ve bu numaralar kalite derecesini ifade etmektedir. Bu malzemeye verilen numara arttıkça kaliteleri de artar. Ayrıca, numaralandırma OSB'nin kullanım alanı şartları ve yerlerini belirtir (Url-2).

- OSB-1, kutu, sandık, palet vb. malzemelerin imalatı için ambalaj sanayinde kullanılır.
- OSB-2, yer döşemelerinde ve iç cephelerin duvar bölme malzemeleri olarak inşaatlarda kullanılır.
- OSB-3, binalarda rutubete ve suya dayanıklı olması nedeniyle, çatılarda kaplama malzemesi için kullanılmaktadır.
- OSB-4, çatıların kaplama malzemesi için kullanılabildiği gibi ayrıca beton kalıpları ve dış cephe malzemesi olarak da kullanılabilmektedir.

OSB, genellikle çatı kaplama malzemesi olarak kullanılmakla birlikte bina cephelerinin kaplaması, altında veya dekoratif tavan ve taban kaplama malzemesi olarak kullanılabilmektedir. OSB inşaat kerestesi veya beton kalıbı olarak kullanılabildiği gibi mobilya imalatında da kullanılır. Sonuç olarak OSB'nin kullanım alanları, standart ebatta olması, fiyat avantajı, dayanıklılığı ve uygulamasındaki kolaylık sayesinde bu çağın en işlevsel ahşap malzemelerindendir (Url-2).

2.1.2. Paralel Şeritli Kereste / Parallel-Strand Lumber (PSL)

Paralel şeritli kereste (PSL), yapıştırıcı ile birbirine yapıştırılmış paralel ahşap şeritlerden üretilen bir mühendislik ahşap şeklidir. Diğer kullanımların

yanı sıra kiriş, başlık, sütunlar ve direkler için kullanılır. PSL'deki şeritler, en küçük boyutu 6,4 mm'den fazla olmayan ve ortalama uzunluğunun da bu en küçük boyutun en az 300 katı uzunluğa sahip kırpılmış kaplama elemanlarıdır (Url-3).

Paralel şeritli kereste (PSL) mühendislik ahşap ürünlerinden oluşan yapısal kompozit kereste ailesinin bir üyesidir. PSL, şerit şeklinde biçilmiş kerestelerin yüksek basınç altında lifler yönünde birbirine yapıştırılması sonucunda üretilen, biçilmiş keresteden daha fazla tasarım gücüne sahip çok daha yoğun ve güçlü olan bir üründür. Budak ve diğer kusurların ürün boyunca rastgele dağılması (ve tutkalla doldurulup güçlendirildiğinden), sayesinde bir PSL parçasının diğerine mukavemet değişkenliği, biçilmiş ahşap masif kirişlerden daha azdır. Ahşap yapı malzemeleri genellikle malzemenin mukavemet eğrisinin en düşük yüzde 5'lik dilimine göre derecelendirildiğinden, PSL eğilme, damara paralel gerilim ve damara paralel sıkıştırma gibi çok daha yüksek kullanılabilir değerlere sahiptir (Url-3).

Şekil 4. Paralel Şeritli Kereste (Url-3).

2.1.3. Çapraz Lamine Ahşap / Cross-laminated Timber (CLT)

Çapraz lamine ahşap, tomruklardan elde edilen kerestelerin masif halinde biçilerek katmanlarının birbirine yapıştırılması ile üretilen ahşap bir panel üründür. Her bir levha katmanı genellikle bitişik katmanlara dik olarak bazen de çapraz yönlendirilir ve her levhanın alt ve üst yüzleri simetrik bir şekilde yapıştırılır, böylece dış katmanlar aynı lif yönüne sahip olur (Url-4).

Şekil 5. Çapraz Lamine Ahşap (Url-4).

Tek sayıda katman en yaygın olanıdır, ancak çift sayılı konfigürasyonlar da vardır (daha sonra simetrik bir konfigürasyon verecek şekilde düzenlenir). Normal ahşap anizotrop bir malzemedir, yani maruz kaldığı kuvvetin uygulandığı yöne bağlı olarak fiziksel özellikleri değişir. Ahşap panelin katmanlarını bir birine dik açıda yapıştırarak, her iki yönde de daha iyi yapısal sağlamlık elde edebilmektedir. Kontrplaklara benzer, ancak belirgin şekilde daha kalın laminasyonlara (veya lamellere) sahiptir. CLT, tüm laminasyonların aynı şekilde yönlendirildiği bir ürün olan glulam olarak bilininen, yapıştırılmış lamine ahşaptan farklıdır (Url-4).

2.1.4. Yonga Levha / Particleboard, Chipboard

Yonga levhalar, vinil içerikli, suni reçineli, fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkallar kullanılarak, odunlaşmış lignoselülozik bitkiler ya da odun yongalarının yüksek basınç ve sıcaklık altında pres yapılmasıyla üretilen bir malzemedir. Bu ürün, Türkiye'de ilk üretimini gerçekleştiren firmanın adıyla anılması nedeniyle Sunta şeklinde adlandırılır (Url-5).

Şekil 6. Yonga Levha (Url-10).

2.1.4.1. Yonga Levha Malzemelerde Kullanılan Hammaddeler

Ağaçların gövde ve kalın dallarından, üretimde kullanılmayan orman artıkları, lignoselülozik bitkiler, zımparadan çıkan tozlar dışında atölyedeki tüm artıklar yonga levha üretiminde kullanılan ham maddeler olabilir. Geniş yapraklı ağaçlardan huş, kızılağaç, ıhlamur, kavak ve kayın kullanılır. İğne yapraklı ağaçlardan köknar, ardıç, servi, ladin ve çam kullanılmaktadır. Bundan başka tomruktan, kereste üretimlerinde kabuk kısmın atmak için kesilmiş parçalar, tomruk veya tahta uçlarındaki kısımdan elde edilmiş artıklar, kaplama üretim artıkları, çıtalar, kesim esnasında testereden çıkan talaş artığı da yonga levhaların üretiminde kullanılan ham maddelerin kaynağıdır (Url-5).

Şekil 7. Yonga Levha Ham Maddeleri (Url-11, Url-12, Url-13, Url-14).

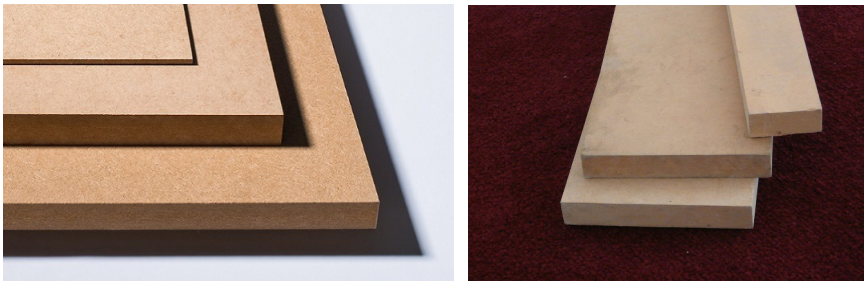
2.1.4.2. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Katkı Maddeler

Su ve neme karşı dayanım sağlamak için %0,03–%0,05 miktarında çeşitli mumlar ve parafin katılmaktadır. Böcek ve mantarlara karşı Flor–pentoklorfenol katılmaktadır. Ateşe karşı dayanıklılık olmasını sağlamak için amonyak ve türevleri ile çinko, boraks gibi tuzlar katılabilmektedir (Url-5).

2.1.5. Orta Yoğunluklu Lif Levha / Medium-Density Fiberboard (MDF)

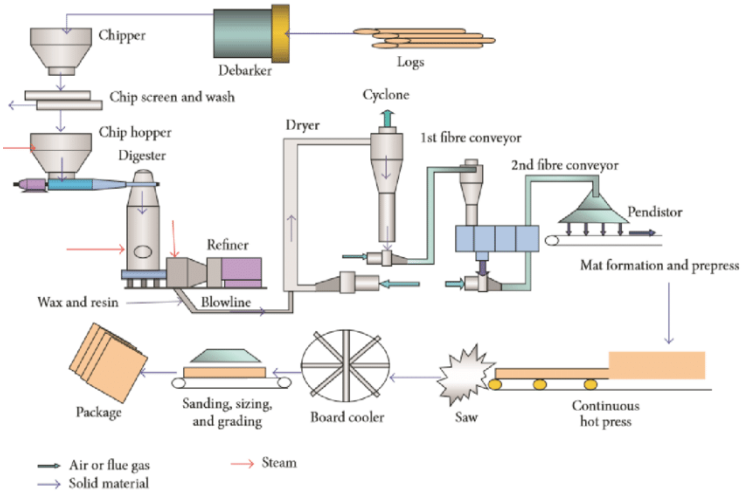
Mdf (Medium Density Fiberboard), yumuşak veya sert ahşap artıklarını parçalanıp ahşap liflere çevrildikten sonra mum ve reçine tutkalları katılarak

yüksek ısı ve basınçla ile levhalar biçiminde üretilen ahşaptan bir malzemedir. MDF ismini Medium Density Fiberboard ifadesinin ilk harflerinden oluşmaktadır. Orta yoğunluktaki lif levha anlamındadır (Url-6).



Şekil 8. Orta Yoğunluklu Lif Levha (MDF) (Url-15, Url-16).

MDF'lerin yaklaşık %90'ı odundan oluşmaktadır. Kullanım alanlarında istenen özelliklerin karşılayabilmesi için yumuşak ve sert ağaçlardan belirli miktarlarda karıştırılan odun parçaları çeşitli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilerek yoğun buhar altında özel bıçaklar vasıtasıyla liflerine ayrılır. Sonrasında bu liflerin birbirine yapışmasını sağlamak için sertleştiriciler ve yapıştırıcılar bu lifler ile karıştırılır. Karışım, istenilen rutubet değerine kadar sıcak hava ile kurutulur (Url-6).



Şekil 9. Orta Yoğunluklu Lif Levha Üretim Aşamaları (Cristina vd., 2014).

Homojen bir biçimde üretilmesi arzu edilen ürün özelliklerine bağımlı olarak kurutulmuş odun lifler serilir. Bu işlemin sonunda ilk olarak presleme

işlemi ile ilk kaba hatları verilen levha, ikinci presleme aşamasında uygun basınca ve sıcaklık uygulanan lifler birbirine yapışması iyice sağlanmaktadır. Son adımda presleme işleminden çıkmış levhalar soğuması için bekletilir. Soğuma aşamasını tamamlanması sağlandıktan sonra arzu edilen pürüzsüz yüzey ve kalınlığa ulaşması için zımparalama işlemi uygulanarak kullanılmaya hazır duruma gelmesi sağlanır (Url-6).

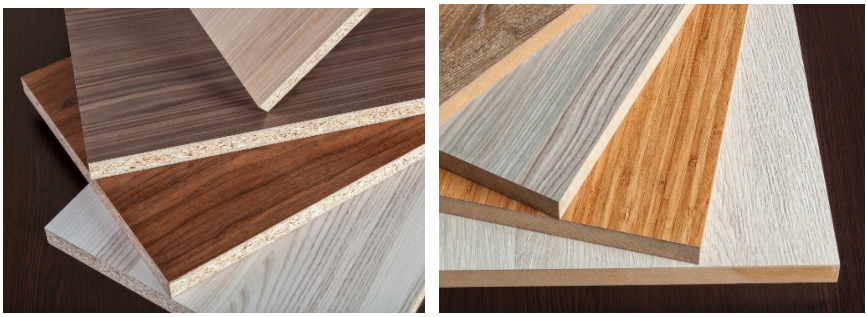
2.1.5.1. MDF Nerelerde Kullanılır?

Fiziksel nitelikleri ve dayanıklılığıyla masif ahşabın özelliklerine yaklaşan MDF, farklı yüzey yöntemleri veya bu şekliyle ile müşteriye sunulur. Fiziksel nitelikleri sayesinde masif ahşap ürünlerine farklı bir seçenek sunmak için kullanılabilmektedir. Her noktasının homojen yoğunlukta olması sayesinde birçok alanda kullanım imkânı sağlamaktadır. Freze işlemlerindeki mükemmelliği, standart boyutlarda üretilebilmesi, vidaları iyi tutması, kenarlarına ve yüzeylerine tatbik edilen ahşap kaplama, dekoratif folyo ve boya gibi yüzeylerine de PVC uygulamaları için iyi bir temel teşkil etmesi mobilya alanında MDF'yi tüm ürünler için kullanılabilir bir gereç şekline sokmuştur. Yüzey pürüzlüğünün az olması, yüzey yoğunluğunun yüksek olması gibi özellikleri ile levhaların yüzeyleri için çeşitli vernik/boya gibi üst yüzey uygulamaları yapılabilmektedir.

İlerleyen teknoloji ile son dönemlerde üretilen MDF'ler, tüm iç mekân tasarımlarında birçok türden kullanım alanı bulmuştur. Mutfak, banyo, salon, yatak odası ile diğer tüm yaşam alanı mobilyalarında tercih edilen bir üründür. Hem üst yüzey işlemleri yapılmış olarak, hem de tek yüzeyi kaplanarak, birçok türden yüzey işlemli ürünler üretebilmek için kullanıma hazır bir ürün halinde sunulabilmektedir (Url-6).

2.1.6. Suntalam ve Mdflam

MDF levhalar ve yonga levhaların yüzeylerine, üretim istasyonlarında çeşitli kimyasallar ve melamin reçine ile emprenye edilerek dirençli hale getirilmiş kâğıtlar yapıştırılır. Yüzeyleri kâğıt yapıştırılmış levha, çeşitli nitelikte ve derinlikte yüzeyleri bulunan saçlar ile melamin pres kaplama istasyonlarında yüzeylerini preslemek sureti ile şekiller verilir. Bu işlem sonunda ham levhalar suntalam veya MDFlam'a dönüştürülmüş olur (Url-7).



Şekil 10. Sunta Lam ve Mdf Lam (Url-17, Url-18).

2.1.6.1. Suntalam ve Mdflam Arasındaki Farklar

Ağırlık: MDF, sunta'ya göre daha ağır bir üründür. Suntada yoğunluk daha düşük olduğundan, daha hafif bir üründür.

Yoğunluk: MDF, lif haline getirilmiş ağaç ve bitkisel kaynakların suntaya göre daha güçlü pres yapılmasıyla, boşluksuz ve yoğunluğu fazla bir ürün olarak üretilir. Sunta ise, yonga haline getirilmiş ağaç ve bitkisel kaynakların kullanıldığı yoğunluğu daha az ve boşluklu bir üründür. Bu nedenlerden dolayı MDF vidalamada, suntaya kıyasla üstünlük sağlamaktadır. Bu özellikler MDF'yi, suntadan daha dayanıklı bir ürün haline getirir.

Yüzey özellikleri: Ham MDF'nin yüzeyi sunta yüzeyine göre daha pürüzsüz ve homojendir, bu nedenle cila/vernik ve şekil verme işlemlerine daha uygundur. MDF'ye freze uygulamaları ile şekil verilebilir, yonga levhada ise bu mümkün değildir.

Mukavemet: Eğilme, çekme vb. performans özellikleri bakımından MDF daha güçlü bir yapıdadır. Yani mekanik özellikler açısından daha dayanıklı bir üründür. Yonga levhanın mukavemeti MDF'ye göre düşüktür.

Neme ve suya dayanıklılık: Yonga levha ile üretilen mobilyalar, suya teması ile zarar görebilmektedir. MDF suya daha dayanıklıdır (Url-7).

2.1.7. Yüksek Yoğunluklu Lif Levha / Hardboard – High Density Fiberboard (HDF)

Hardboard, yüksek yoğunluklu lif levha (HDF) olarak da adlandırılır, mühendislik ahşap ürünü olan bir lif levha türüdür. Mobilya ve inşaat sektöründe kullanılır.

Hardboard, orta yoğunluklu lif levhaya benzer, ancak daha yoğun, çok daha güçlü ve daha serttir, çünkü yüksek oranda sıkıştırılmış ağaç liflerinden

üretilmiştir. Sonuç olarak, levha yoğunluğu 500 kg/m^3 veya daha fazladır ve genellikle 800–1,040 kg/m^3 civarındadır. Odun liflerinin yapıştırılmasına ek bir yapıştırıcı gerektirmemesi, ahşap liflerin bünyesindeki ligninin levhayı birbirine yapıştırmak için yeterli olmasıyla, suntadan farklıdır, ancak buna rağmen reçine sıklıkla eklenir.

Hardboard, ıslak veya kuru bir işlemle üretilir. Islak işlem de, bir pürüzsüz, bir de dokulu taraf bırakırken, kuru işlenmiş olanda ise her iki tarafta da pürüzsüzdür. (Url-8).

2.1.7.1. Hardboard Kullanım Alanları;

Masif ahşabın aksine, Hardboard çok homojendir ve damarsızdır. Masif ahşap görünümü vermek için üzerine bir ahşap kaplama yapıştırılabilir. Diğer kaplamalar arasında formika, lamine kâğıtlar, seramikler ve vinil bulunur. İnşaat, döşemecilik, mobilya, beyaz eşya, otomotiv ve marangozluk gibi birçok alanda kullanılır ve ekonomik fiyatı nedeniyle akrilik ve yağlı boya işleri yapanlar arasında, boyama yüzeyi olarak popüler bir malzemedir. Hardboard, panolarda, özellikle eski modellerde yüzey malzemesi olarak sıklıkla kullanılmıştır. Ayrıca birçok kaykay sporlarının yapıldığı rampa ve yarım boru alanlarında son katman olarak kullanılır. Hardboard ayrıca tiyatro ortamlarında yaygın olarak kullanılır, genellikle bir sahnenin son boyalı yüzeyi olarak ve sahnelerin zeminlerinde yürüme yüzeylerinde kullanılır. Hardboard ayrıca puzzle, oyun tahtaları ve diğer oyuncaklar yapmak için kullanılır.

Temperlenmiş hardboard, keten tohumu yağının ince bir film şeklinde kaplanmış ve daha sonra fırınlanmış şeklidir, bu işlem hardboard'a daha fazla su direnci, darbe direnci, sertlik ve çekme mukavemeti sağlamaktadır. İnşaat cephe kaplamasında da temperli hardboard kullanılmaktadır.

Hardboard ayrıca delikli hardboard veya delikli pano olarak da adlandırılan, yüzeyinde 6,4 veya 13,2 mm çaplarında sıralı delikler bulunan ve alet askı kancalarını veya mağaza armatürlerini bu deliklerin içine yerleştirilebilen bir malzemelerdir. Daha sürdürülebilir geçici koruma malzemeleri tedarik etmeye yönelik yeni çevresel hedefler nedeniyle son yıllarda hardboard inşaat endüstrisinde daha az talep görmektedir (Url-8).

2.1.8. Kontrplak (Plywood)

Kontrplak, tomruklardan soyma tekniğiyle 1,5 ve 3,2 mm kalınlıklarında elde edilen, ince ağaç plaka katmanlarının fenolik reçine kullanılarak birbirine 90° dik açı olacak şekilde dizilmesiyle üretilen ahşap esaslı bir üründür. Kontrplak

katmanları en az üç tane ağaç katmanından oluşmaktadır. Kontrplak panellerinde her zaman tek sayılı katmanlar bulunur, bu surette üst ve alttaki katmanların lif yönleri aynı doğrultuda oluşur. Standardın dışında «yönlendirilmiş» olarak diğer kullanım alanları için özel kontrplaklar da üretilmektedir. Kontrplaklar plastik laminant, fenolik film, sert ağaç katmanları, fiber takviyeli reçine, doyurulmuş kâğıt, boya veya cila işlemleri yapılabilen bir malzemedir (Url-9).

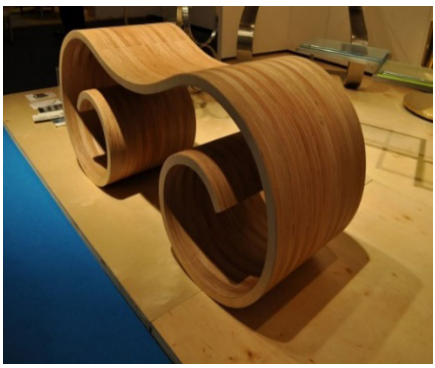
Şekil 11. Kontrplak (Plywood) (Url-19, Url-20)

Kontrplak malzemelerde şişme ve çekme olasılığı hiç bulunmaz. Yüksek mekanik özellikleri vardır. Aynı kalınlıktaki masif ahşaba göre daha sağlamdır. Doğal ahşap görünümü elde edilir. Üretimde daha az kimyasal, daha fazla oranda ahşap kullanılmaktadır. Vida ve çivi tutunma yetenekleri yüksek bir malzemedir. Yaklaşık asgari miktarlarda zararlı bulunan partikül ve emisyon yayan bir ürün olması nedeniyle sağlık yönünde zararı yok denilebilir (Url-9).

Şekil 12. Kontrplak Papel Soyma İşlemi (Url-21).

Şekil 13. Kontrplak Presleme İşlemi (Url-22).

Kontrplak; beton kontrplağı olarak inşaat sektörü için veya çatı altı malzemesi olarak da çatı sektöründe, otomotiv sektöründe, tekne imalatı ve dorse imalatında ayrıca ambalaj endüstrisinde kullanılmaktadır. Aşınmaya, ezilmeye ve yırtılmaya ve ayrıca rutubete ve suya karşı yüksek dayanım nitelikleri göstermektedir. Sıcak ve dekoratif bir yapı malzemesidir. Bu avantajlarla birlikte kolay işlenmesi de kullanım için tercih sebebi olmaktadır (Url-9).



Şekil 14. Kontrplak Yapı Elemanları (Url-23, Url-24).

2.1.9. Odun / Ahşap Plastik Kompozitler (OPK / APK)

Ahşap kompozit malzemeler, malzemede meydana gelecek gerilimleri taşıyacak ve ayrıca dayanımı arttıracak bir takviye unsuru olan odun unu veya lignoselüloz malzeme ile malzemenin etrafında hacim olarak genelde çoğunluk olan, ana matris malzemeler (plastik malzemeler) ihtiva etmektedir. Bu malzeme gruplarından, takviye unsurları kompozit malzemelerin yüksek sıcaklıkta çalışma performansını, tokluğunu, yük taşıma ve dayanım niteliklerini arttırarak malzemeyi geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerde

diğer bir ana hedef ise oluşabilecek çatlakların ilerlemesini, deformasyon geçişlerini önlemek ve kompozit malzemenin kırılma ya da kopmasını önlemek veya geciktirerek kullanım ömrünü arttırmaktır (Bulut, 2014).

Şekil 15. Odun Plastik Kompozit Elemanları (Özmen vd., 2014).

2.1.9.1. Plastik ve Ahşaba Göre Opk'nin Önemli Özellikleri

OPK'nin, oluşumunu sağlayan ahşap ve plastiğe oranla daha üst seviyede özellikler bulunması vesilesiyle dünya çapında çok fazla kullanım sahası bulmayı başarmıştır. Bu gibi özelliklerinin dahilinde ağaç malzeme ile kıyaslayacak olursak boyut stabilitesinin çok iyi olması, arzu edilen şekil ve boyutlarda, farklı doku ve renklerde üretilme imkânının olması, çatlama, böcek ve mantarlara daha dirençli olması, plastik ürünlere göre maliyetinin düşüklüğü ve tabiatta çok kolayca çözülerek çevreye karşı duyarlı olması, geri dönüştürülebilir olması, atık ürünlerden üretilme imkanlarının olması şeklinde üstünlükleri sayılabilmektedir (Bulut, 2014).

2.2. Odun Plastik Kompozitlerin Üretim Yöntemleri

Genel olarak, sıcak karışım-eriyik madde kompozitleri şeklinde adlandırılabilir. Üretimi iki aşamalı olarak, karıştırma ve şekillendirme işlemlerinden meydana gelir. Karıştırma aşamasında; homojen kompozit bir malzeme üretimi için odun lifleri veya tozu ile katkı maddeleri erimiş termoplastik materyal ile karıştırılır. Sonra karışımın ısıtılmasıyla şekillendirme makinesinden (Ekstruder makinesinden) geçirilip pelet adında bir materyal elde edilir (Kacamer vd., 2019).

Odun plastik kompozitlerinin üretiminde genellikle 3 şekillendirme metodundan faydalanılmaktadır; (Kacamer vd., 2019).

1. Basınçla kalıplama; İki kalıp arasında erimiş kompozitin preslenmesi,
2. Ekstrüzyon; Bir kalıp içine erimiş kompozitin güç kullanılarak itilmesi,
3. Enjeksiyon kalıplama; bir kalıp içine erimiş kompozitin güç kullanılarak itilmesi.

2.3. Odun Esaslı Kompozitlerin Avantaj ve Dezavantajları

2.3.1. Avantajları;

- Daha az bakım,
- Yenilenebilirlik,
- Maliyetleri düşürmesi,
- Fiyatların uygun oluşu,
- Ses izolasyonu sağlaması,
- İsteğe göre boyutlandırma,
- Elektrik dirençlerinin iyi olması,
- Rutubete ve neme karşı yüksek direnç,
- Mantar ve böceklere karşı dayanıklılık,
- Yakılınca doğaya CO_2 fazlalığı vermemesi,
- Kullanım yerlerinde sağlık problemi oluşturmaması,
- Yüksek boyutsal stabilite sağlayıp, çalışmasının az olması,
- Artık malzemeleri üretiminde kullanmasından dolayı doğa dostu olmasıdır (Tufan ve Mengeloğlu, 2010).

2.3.2. Dezavantajları;

- Tarımsal atıkların içerdiği silika nedeniyle üretim makinalarında aşınmaya sebep olması,
- Hacim yoğunluğunun düşük olmasıyla buna bağlı olarak depolama sorunu meydana gelmesi,
- Hammaddenin depolanması sırasında biyolojik bozunmalara maruz kalması veya çıkabilecek yangın riski (Tufan ve Mengeloğlu, 2010).

2.4. Odun Esaslı Kompozitlerin Kullanım Alanları

İlk adı Advanced Environmental Recycling Technologies olan ve sonradan değiştirilerek Trex olan bir bölümünün 1990'ların başında, yaklaşık %50 oranında odun ununu polietilen içerisinde OPK üretmeye başlamıştır.

İtalyan ekstrüzyon teknolojisini Amerikan Woodstock şirketi 1983'de otomobillerin iç kısımlarındaki döşemelerin odun esaslı kompozitlerden üreterek otomotiv endüstrisinde kullanmaya başlamıştır.

Odun unu yaklaşık %50'si olan polipropilen, ABD'deki OPK teknolojisinin büyük ilk uygulamalarından birini oluşturan, otomobilin iç kısım panelleri için düz levhalar halinde sıkıştırılarak kullanılmıştır (Ercan, 2018).

Şekil 16. Odun Esaslı Plastik Kompozit Ürünler (Url-25, Url-26).

Bu kompozitler, güverte (deck), piknik masası, bahçe mobilyası, endüstriyel zemin kaplaması ve pencere profili olarak pazarlanmaktadır. Benzer kompozitler kapı ve pencere profillerinin üretilmesinde de kullanılmıştır.

Şekil 17. Odun Esaslı Plastik Kompozit Ürünleri (Url-27, Url-28).

3. Odun Esaslı Kompozitlerin Eklemeli İmalat Yönteminde Kullanılması

Modern zamanın imalat yönteminden biri olan eklemeli imalat yöntemi, otomotiv, makine, inşaat ve mobilya gibi çok fazla sektörde tasarım ve imalat safhalarında kullanılmaktadır. Günümüzde pres kalıplama, enjeksiyon ve ekstrüzyon uygulamalarına farklı bir seçenek olarak, eklemeli imalat yöntemi kullanılmak suretiyle polimerlerin ve de polimer matrisli kompozitlerin

biçimlendirilmesiyle alakalı araştırmalar git gide artığı görülmektedir. Lignin, selüloz, odun-unu ve lignoselülozik maddelerin çeşitleri ile polihidroksibütirat, PLA vb. polimer matrisli malzemelerin belirli oranlarda karıştırılması ile kompozit malzeme filamentleri elde edilebilmektedir. Eklemeli imalat yönteminde genel bir çeşit eriyik birikim modelleme (EBM) ile bu filamentler usulüne göre çalışan üç boyutlu (3D) yazıcıların kullanılması ile talep edilen şekil ve boyutlarda ürünlere dönüşebilmektedir (Narlıoğlu, 2021).

Eriyik birikim modelleme usulü üretiminde çeşitli malzemelerin kullanılabilirliği, minimum düzeyde malzeme israfı, ucuz, güvenilir ve basit olması nedenleriyle çok fazla kullanım alanı olan üç boyutlu baskı tekniğidir. Eriyik birikim modelleme usulünde termoplastik özellikli filament, makinenin besleme takımı vasıtasıyla ısınmış kovan uzunluğunca itilerek basınç ile ekstrüzyon nozülü (sıvılaştırıcı) bölümüne iletilir. Üç boyutlu ürünler, erime sıcaklığı derecesinde ısıtılıp, sıvılaştırıcı takım boyunca kalıptan çekilen filamentin baskı bölümünde basımı yapılacak ürün için art arda birikim yapmasıyla katmanlar biçiminde yazdırılması sayesinde olur. Bu işlemi sıvılaştırıcı takım, bilgisayar yazılımı vasıtasıyla meydana getirilen üç boyutlu çizim yollarını X, Y ve Z düzlemlerinde takip ederek, hareket etmesiyle sağlamış olur. Tüm katmanın bitimini takiben, baskı bölümünde ya da ekstrüzyon nozülünün hareketiyle daha sonraki katmanların üretilmesi amacıyla yer açmasını sağlar ve ürünün bitimine kadar tüm katmanlar daha önceki katmanların üstüne yığılır (Masood ve Song, 2004). Üç boyutlu baskı uygulamalarında, yazdırılmış numune katmanlarının kalınlığı, kompozit malzemeler içindeki takviye maddelerinin dolgu yoğunluğu ve boyutu gibi türlü parametrelerin, üretimi yapılacak ürünlerin dayanım niteliklerine etkide bulunur. Bunların içerisinde katmanların kalınlıkları üç boyutlu yazıcı ile basitçe ayarları yapılıp ve kontrolü sağlanabilen üretim parametreleridir (Vaezi ve Chua, 2011).

Üç boyutlu yazıcıların mobilya sektöründeki kullanım alanının artmasıyla, kullanıcı ve bilim adamları iki değişik alanı geliştirmek için çalışmalar yapmaya başlamıştır. Bu alanlardan biri, mobilya parçaları, mobilya ayakları ve bağlantı elemanları gibi aksesuarların bu yöntemle üretilmesi, diğeri ise kullanılmakta olan PLA filamentlerinin içine ağaç katkıları ve bitki lifleri katılarak filamentin ahşap malzeme görünümü ile mekanik niteliklerini arttırmaktır (Yıldırım vd. 2019a; Gedik vd. 2018; Yıldırım vd., 2019b). Ürüne eklenen ahşap kaynakların, PLA malzemelerin mekanik nitelikleri üstünde negatif tesirleri olabileceği yapılan çalışmalarda görülmüş olsa da bu tesirlerin giderilebilmesi amacıyla kullanılan malzemelere yönelik ve uygulama tekniklerini geliştirmek amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir (Zandi vd., 2020).

3.1. Odun Esaslı Kompozitlerin Diğer Üretim Yöntemleri ile Karşılaştırılması

Yonga levha ve lif levha, ahşap parçacıkları, pulları veya jüt çubuğunun bir reçine ile karıştırılması ve karışımın bir levha haline getirilmesiyle üretilir. Hammaddeler, radyal olarak düzenlenmiş dört ila on altı bıçaklı bir disk parçalayıcıyı besler. Diskli öğütücülerden gelen talaşlar, diğer ağaç öğütücü türlerine göre şekil ve boyut olarak daha üniformdur. Partiküller daha sonra kurutularak herhangi bir büyük veya küçük partikülleri elenir.

Reçine daha sonra parçacıkların üzerine ince bir sis olarak püskürtülür. İşlemde çeşitli reçine türleri kullanılır. Amino-formaldehit bazlı reçineler, maliyet ve kullanım kolaylığına göre en iyi performansı gösterenlerdir. Üre melamin reçineleri, daha yüksek direnç ve su direnci sunar. Paneli koyulaştıran renkli reçine ile tipik olarak harici uygulamalarda kullanılır.

Panel özelliklerini daha da geliştirmek için resorsinol reçineleri, fenolik reçinelerle karıştırılabilir ancak bu daha çok deniz kontrplak uygulamalarında kullanılmaktadır.

Panel üretimi, nihai ürünü suya, ateşe veya böceklere dayanıklı hale getirmek için mumlar, boyalar, ıslatıcı maddeler ve ayırıcı maddeler dahil olmak üzere diğer kimyasalları içerir.

Parçacıklar, tüm yüzeyleri kaplamaya yetecek kadar reçine buğusundan geçtikten sonra, kesintisiz bir halı halinde katmanlara ayrılırlar. Bu halı daha sonra soğuk preste sıkıştırılacak olan ayrı, dikdörtgen battaniyelere ayrılır. Bir terazi tanecikleri tartar ve dönen tırmıklarla dağıtılır. Kademeli yoğunluklu yonga levhada, tanecikler, kaba olanlardan daha ince partikülleri fırlatan bir hava jeti ile yayılır. Tersine çevrilmiş bu tür iki jet, parçacıkların inceden kabaya ve tekrar inceye doğru birikmesine olanak tanır.

Şekillendirilmiş saclar, kalınlığı azaltmak ve taşınmalarını kolaylaştırmak için soğuk preslenir. Daha sonra, yapıştırıcıyı ayarlamak ve sertleştirmek için 2 ila 3 MPa (290 ve 440 psi) arasındaki basınçlar ve 140 ila 220 °C (284 ve 428 °F) arasındaki sıcaklıklarda tekrar sıkıştırılırlar. Levhanın doğru boyutunu, yoğunluğunu ve tutarlılığını sağlamak için tüm süreç kontrol edilir.

Levhalar daha sonra soğutulur, kesilir ve zımparalanır. Daha sonra da ham levha veya ahşap kaplama gibi laminat yüzey eklenerek iyileştirilmiş yüzey olarak piyasaya sürülebilir (Url-29).

Diğer levha halinde üretilen odun esaslı kompozit malzemeler de odundan elde ediliş yöntem ve şekilleri farklı olsa da benzer şekilde reçine ve presleme işlemlerinden geçmektedir.

Eklemeli imalat ile üretim ise, bir parçanın çizim/imalat programları vasıtasıyla üç boyutlu model tasarımının oluşturulmasıyla başlar. Tasarım ve çizimleri yapılan objelerin üç boyutlu üretimi, plastik, sıvı, toz tanecik, kompozit vb. malzemeler kullanılarak bilgisayar kontrollü, genellikle 3 eksende (X, Y ve Z) hareket kabiliyeti olan özel yazıcılar aracılığı ile yapılmaktadır. Üç boyutlu ürünlerin, eklemeli imalat ile üretilmesinde kullanılan malzemeler yazdırma alanında biriktirilerek birleştirildiği veya katılaştırıldığı yani ürünün oluşumu için katman katman malzemelerin birbirine eklendiği çeşitli işlemler ile yapılmaktadır.

3.2. Odun Esaslı Kompozitlerin Diğerlerine Göre Avantajları ve Dezavantajları

Akrilonitril bütadien stiren (ABS) ve PLA polimerleri kullanılarak üretilen filamentler eriyik birikim modelleme usulü ile çalışan üç boyutlu yazıcıların yaygın şekilde kullandığı hammaddelerdendir. İlaveten poliamid (PA), polikarbonat (PC) ve bunlar ile karışımları da eriyik birikim modelleme amacıyla uygunluğu sağlayan malzemelerdendir (Narlıoğlu, 2021; Dudek, 2013; Tanikella vd., 2017).

Eriyik birikim modelleme ile saf plastik yapıda malzemelerin kullanılmasıyla üretimi sağlanan üç boyutlu ürünlerin düşük dayanım, basit bozulma ve yüksek maliyet şeklinde dezavantajları bulunmaktadır. Bu durumlardan kaynaklanan dezavantajlar eriyik birikim modellemenin fonksiyonelliğinin yanı sıra, çok sayıda ürünün üretilmesi ve yük taşıma koşullarında kullanılacak ürünlerin üretilmesini kısıtlamaktadır (Ning vd., 2015). Bundan dolayı, eriyik birikim modelleme amacıyla yeni kompozit malzemelerden filament geliştirilmek üç boyutlu baskı sektöründe önemli konulardandır. Buna ek olarak odun içerikli malzemelerin de ekleme yöntemli imalat sektörüne uyumu, malzemelerin özelliklerini iyileştirmesinin yanı sıra çevreci olması nedeniyle ilgi çekmektedir (Tao vd., 2017). PLA'da takviye malzemesi ya da dolgu maddesi olarak, lignoselülozik maddeler ile lignin, selüloz ve hemiselüloz gibi ana bileşenler biyokompozit malzemelerin üretilmesi amacıyla kullanım imkânı olan yenilenebilir madde kaynaklarındandır. Bu lignoselülozik maddeler, üretimi yapılacak ürünün özelliklerine olumlu katkılar sağlayabilir, maliyetlerinin ve dahi karbon salınımının azaltılmasına katkıda bulunabilir (Bhagia vd., 2021).

4. Odun Esaslı Kompozit Malzemelerin Gelecekteki Yeri ve Önemi

Temmuz 2021'de yayınlanan yeni Avrupa orman stratejisi (EUFS), "ormancıların ve tüm ormana dayalı değer zincirinin, 2050 yılına kadar tüm ekosistemlerin eski haline getirilmesini, dayanıklı olmasını ve yeterince

korunmasını sağlarken sürdürülebilir ve iklim açısından nötr bir ekonomiye ulaşmaya katkısı" ahşap ve türevi ürünlerden EUFS tarafından defalarca bahsedilmektedir ki bu armanların ekonomik, sosyal ve çevresel önemi göz önüne alındığında şaşırtıcı değildir. Ahşap bazlı ürünler için EUFS'nin ana göstergeleri dört kategoride gruplandırılabilir; sürdürülebilirlik, yenilikçilik, yatırımlar ve teşvik (EUFS'den alınan bazı temsili cümleler aşağıda alıntılar halinde verilmiştir).

Bu tür göstergeler, şu anda karşı karşıya oldukları en ilgili zorluklardan ve fırsatlardan bazılarına kısa bir genel bakış sağlamak için odun esaslı kompozitlerle (OEK) ilişkili olarak aşağıda verilmiştir (Zanuttini ve Negro, 2021).

Sürdürülebilirlik, EUFS tarafından kilit bir unsur olarak kabul edilmektedir. Sürdürülebilir bir şekilde üretilen ve uzun ömürlü ahşap bazlı ürünler, karbonu depolayarak ve fosil bazlı malzemeleri ikame ederek iklim nötrlüğü elde etmeye yardımcı olabilir. Döngüsel ekonomi ilkelerine saygı da çok önemlidir, kullandığımız ahşabın miktarının kademeli ilke doğrultusunda en uygun şekilde kullanılmasını sağlamak, 2030 perspektifinde sürdürülebilirlik sınırları dahilinde ahşabın genel kullanılabilirliğini dikkate alarak OEK'lerin sürdürülebilirliği, zorunlu olarak ahşap hammaddenin yasallığına dayanmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun şu anda ormansızlaştırmadan arındırılmış ürünlerle ilgili yeni bir düzenleme üzerinde çalıştığı gerçeğinin gösterdiği gibi, bu güncel bir konudur (Url-30).

Sürekli artan yaygınlığı ve pazar üzerindeki ilgili etkileri (Guan vd., 2019) ile orman sertifikasyonu, OEK'lerin sürdürülebilirliği ile ilgili bir başka önemli husustur. Ayrıca çelik, alüminyum ve plastik gibi ana rakip malzemelerine kıyasla özellikle daha düşük sera gazı emisyonları açısından ahşabın daha düşük çevresel etkisinden de yararlanırlar. Bu bakış açısından yola çıkarak, ahşap ve OEK üretimi ile ilişkili çevresel etkileri daha da azaltmak için çeşitli stratejiler benimsenebilir. Bunlar, proseslere güç veren enerji kaynaklarının değiştirilmesi, (daha fazla) odun atığının enerji kaynağı olarak kullanılması, makine ve kurutma sistemlerinin verimliliğinin arttırılması, çevre dostu kimyasalların kullanılması, entegre sanayi sitelerinin geliştirilmesi vb. konulardır (Adhikari ve Ozarska, 2018). Kural olarak, bir OEK'deki ahşabın toplam fraksiyonundaki bir artış, daha düşük çevresel etki, daha yüksek karbon depolama ve kademeli kullanım için daha geniş fırsatlarla birlikte gelir. Dikkat çekici bir şekilde, EUFS "ahşap ürünlerin en önemli rolü, inşaat sektörünü bir sera gazı emisyonu kaynağından bir karbon yutağına dönüştürmeye yardımcı olmaktır." Bu, örneğin ısı yalıtımlı bölmeler, yapısal bileşenler, mobilya elemanları vb. gibi inşaatta yaygın olarak kullanıldıkları için OEK'ler için büyük bir fırsatı temsil eder.

Bu anlamda, sandviç yapıların çekirdek katmanları için düşük dereceli ahşap ve odun atıklarının kullanılması, OEK'lerde bulunan karbon miktarını artırmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Modern OEK'ler ayrıca, döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda kademeli kullanıma uygunluklarını mümkün olan en üst seviyeye çıkarılması maksadı ile tasarlanmalı ve üretilmelidir. Bu sadece ürün tarafından değil, aynı zamanda OEK'lerin verimli basamaklı kullanımını destekleyen entegre devrelerin geliştirilmesi ve desteklenmesi açısından da görülmelidir. Açıkçası, diğer ahşap olmayan malzemelerin ve yapıştırma sistemlerinin özellikleri de OEK'lerin sürdürülebilirliğini belirlemek için temeldir. Bununla birlikte, olası değişkenlerin ve kombinasyonların sayısı burada dikkate alınamayacak kadar fazladır.

Yenilik, EUFS tarafından özellikle sürdürülebilirlikteki artışla bağlantılı olarak görülüyor: "Bu alandaki işleme yenilikleri, fosil tabanlı olanlardan daha düşük çevresel ayak izine sahip biyo-bazlı malzemeler ve ürünler de sağlayabilir, özellikle sert ağaç türlerinden daha düşük kaliteli ahşabın kullanılmasına yönelik endüstriyel iyileştirmeler ve kademeli kullanımın nasıl geliştirileceği ve döngüselliğin nasıl artırılacağı dahil olmak üzere mimari, yeşil tasarım ve inşaat malzemeleri üzerine araştırma ve yenilikler artırılmalıdır." Daha çevre dostu yapıştırıcı karışımları ve biyo-yapıştırıcılara (Arias vd., 2020) dayalı yapıştırma sistemlerinin geliştirilmesi, şu anda OEK'lerin performansı ve sürdürülebilirliğinin sıkı bir şekilde bağlantılı olduğu çok önemli bir husustur.

Diğer ilgili araştırma alanları, yeni malzemelerin kullanımı, ahşap ve ahşap olmayan malzemelerin birlikte kullanımı ve karışımı ve sandviç OEK'lerin çekirdek katmanları için performans gösteren üç boyutlu yapıların (petek gibi) geliştirilmesidir. Genel anlamda, OEK'ler, daha düşük kaliteli ahşap kullanımına ilişkin EUFS göstergelerine oldukça uygundur. Daha önce de belirtildiği gibi, üretilmelerinin ana nedenlerinden biri, tam olarak küçük çaplı ürün çeşitlerini, düşük kaliteli keresteyi ve orman kalıntılarını etkin bir şekilde kullanmaktır. Son olarak, yenilik, OEK'lerin yalnızca bileşimini ve performansını değil, aynı zamanda bunların kademeli kullanımlarını ve tüketici sonrası geri dönüşümlerini geliştirmeye yönelik stratejilere ek olarak hizmette daha verimli ve daha uzun süreli kullanımlarını sağlayan yöntemleri de dikkate almalıdır.

Yatırım ihtiyacı da EUFS tarafından ele alınmaktadır, "ağaç işleme zinciri boyunca yatırımlara ihtiyaç vardır, ormanların değişen ve çeşitlenen kaynaklarına daha iyi uyum sağlaması için ağaç işleme endüstrileri desteklenmelidir, yatırımlar aynı zamanda daha düşük kaliteli kütüklerden uzun ömürlü ahşap ürünlerin üretimine de odaklanmalıdır." Bu tür ürünlerin bileşimi genellikle endüstriyel ölçekte ve ileri

teknolojiler aracılığıyla karmaşık üretim süreçleri gerektirdiğinden, yatırımlar OEK sektörü ile ilgilidir. Daha yüksek performans ve sürdürülebilirliğe sahip yeni OEK'ler geliştirmeyi ve yasal ve normatif çerçeveyi ilerletmeyi amaçlayan yeniliği tetiklemek için girişimlere de ihtiyaç vardır (Unece/Fao, 2016). Bu sektörü desteklemek için, Avrupa Birliği ve üye ülkeleri, endüstrilerin tipik olarak bir ürünün geliştirilmesi ile piyasaya sürülmesi arasındaki süreyi sınırlaması gerektiğinden, daha kısa sürelerle karakterize edilen girişimler önermelidir. Son olarak, EUFS aynı zamanda ahşap bazlı ürünlerin tanıtımına duyulan ihtiyacın altını çizmekte, AB'de ahşap ürünlerin kullanımını teşvik etmek aynı zamanda talep yanlı eylemler de gerektirmekte, inşaat mühendisleri ve mimarlar tasarım yapmaya teşvik edilmelidir.

Bu nedenle, OEK'lerin performansında ve sürdürülebilirliğinde yukarıda belirtilen artışa, özellikle OEK'lerin yeşil ürünler olarak imajını güçlendirmek için endüstriler, dernekler vb. 'den gelen özel iletişim eşlik etmelidir. Ayrıca, OEK'lerin inşaattaki potansiyelini göstermek ve örneğin teknik yanılgılar, deneyim eksikliği ve mevzuat gibi engelleri aşmak amacıyla, aralarında mühendisler ve mimarların da bulunduğu farklı paydaşlara yönelik iletişim çabaları ele alınmalıdır.

5. Sonuçlar

Odun esaslı kompozit sektörü, ekonomik, sosyal ve çevresel düzeylerde dünya çapında bir öneme sahiptir. OEK'ler, özellikle inşaat ve mobilya sektörlerinde yüksek performanslı ve sürdürülebilir bir malzeme olarak ahşabın kullanımına yönelik artan ilgiden yararlanabilir. Pek çok OEK'nin hafifliği ve ahşabın (yangına dayanıklılık, dayanıklılık veya akustik davranış gibi) bazı özelliklerini iyileştirmek için farklı malzemeleri birleştirme olasılığı, ulaşım sektörü gibi ve güvenliğin temel bir gereklilik olduğu çeşitli uygulamalarla ilgili başka bir olumlu yönü temsil eder. OEK'leri geliştirilmiş performansa ve daha yüksek sürdürülebilirliğe doğru ilerletmek için halihazırda birkaç bilimsel çalışma ele alınmaktadır. "Ahşap Bazlı Kompozitler: Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru İnovasyon" başlıklı Orman Özel Sayısı, bu ilgili konularda en son araştırmaları sunmayı amaçlamaktadır (Zanuttini ve Negro, 2021).

Kaynakça

Adhikari, S. and Ozarska, B. (2018). Minimizing environmental impacts of timber products through the production process "From Sawmill to Final Products". *Environmental Systems Research*, 7, 6.

Arias, A., González-García, S., González-Rodríguez, S., Feijoo, G., Moreira, M.T. (2020). Cradle-to-gate Life Cycle Assessment of bio-adhesives for the wood panel industry. A comparison with petrochemical alternatives. Sci. *Total Environ*., 738, 140357.

Bala, E. (2018). Ahşap Plastik Kompozit Malzemelerden Üretilen Bazı Birleştirme Elemanlarının Mekanik Performans Özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, Muğla

Bhagia, S., Bornani, K., Agarwal, R., Satlewal, A., Ďurkovič, J., Lagaňa, R., Ragauskas, A. J. (2021). Critical review of FDM 3D printing of PLA biocomposites filled with biomass resources, characterization, biodegradability, upcycling and opportunities for biorefineries. *Applied Materials Today,* 24, 101078. DOI: 10.1016/j.apmt.2021.101078.

Bulut, M. (2014). Türkiyede kompozit malzeme üretimi ve kompozit malzeme sektörünün genel değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Bitirme Projesi*, Ankara.

Campbell, F. C. (2004). Chapter 3- Thermoset Resins: The Glue That Holds the Strings Together, In: Manufacturing Processes for Advanced Composites. Eds: Campbell, F. C., Amsterdam. *Elsevier Science*, p. 63-101.

Cristina, C. M., Donovan J., and Tormey D. (2014). Application of Systems Simulation for Predicting and Optimising Energy Requirements for HDF Production, Precision Engineering Materials and Manufacturing Research Centre*, Institute of Technology*, Sligo, Ireland.

Dudek, P. (2013). FDM 3D printing technology in manufacturing composite elements, *Archives of Metallurgy and Materials*, 58, 1415–1418. DOI: 10.2478/amm-2013-0186

Gedik, E., Togay, A., Çoşkun, M., & Demirhan, E. (2018). Üç Boyutlu Baskının Mobilya Sektöründe Ürün Tasarımında Kullanım İmkânlarının Araştırılması. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 16-25.

Guan, Z., Xu, Y., Ip Ping Sheong, J. (2019). The impact of application of FSC Chain of Custody certification on global wood products trade. *Eur. J. Wood Pro.,* 77, 633–643.

Hahn, H. T., Tsai, S. W. (1980). Introduction to composite materials (Vol. 1): *CRC Press*.

İpekçi, A. (2022). Experımental And Statıstıcal Analysıs Of 3d Prıntıng Parameters For Pla And Bamboo Composıte Materıals In Terms Of Mechanıcal Propertıes. *9. Uluslararası Mühendislik ve Tasarım Kongresi*. Kongre Uzmanı

Web Site. https://www.kongreuzmani.com/9-uluslararasi-muhendislik-mimarlik-ve-tasarim-kongresi.html

Kacamer, S., Budakçı B., ve Kap T. (2019). Odun Plastik Kompozit Malzeme Üretiminde Kullanılan Malzemelerle İlgili Türkiye'de Yapılan Çalışmalar. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Düzce.

Karade, S.R. (2010). Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Connstruction and building materials*, 24(8), 1323-1330

Kaya, A.İ. (1995). Atık Kâğıtlardan Geri Kazanılmış Liflerden Kompozit Malzeme Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Doktora Tezi.* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 239p.

Koodalingam, B., Senthilkumar, P., & Babu, S. R. (2020). Study of mechanical properties of the polymer matrix composite materials using pistachio shells. *Materials Today: Proceedings,* 33, 2912- 2916.

Kushwaha, S., & Bagha, A. K. (2020). Application of composite materials for vibroacoustic–A review. *Materials Today: Proceedings,* 26, 1567-1571.

Kushwaha, S., & Bagha, A. K. (2020). Application of composite materials for vibroacoustic–A review. *Materials Today: Proceedings,* 26, 1567-157

Masood, S. H., Song, W. Q. (2004). Development of new metal/polymer materials for rapid tooling using fused deposition modelling. *Materials & Design,* 25, 587–594. DOI: 10.1016/j.matdes.2004.02.009

Moloney, T. M. (1996). The family of wood composite materials. *Forest Products Journal,* 46(2), 19-26

Narlıoğlu, N. (2021). 3B yazıcı kullanılarak odun-PLA kompozit filamentinden mobilya bağlantı elemanlarının yazdırılması ve katman kalınlıklarının mekanik özelliklere etkisinin incelenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 183-192

Ning, F., Cong, W., Qiu, J., Wei, J., Wang, S. (2015). Additive manufacturing of carbon fiber reinforced thermoplastic composites using fused deposition modeling, *Composite Part B Engineering*, 80, 369–378. DOI: 0.1016/j.compositesb.2015.06.013

Özmen, N., Çetin, N. S., Narlıoğlu, N., Çavuş, V., Altuntaş, E. (2014). MDF atıklarının odun plastik kompozitlerin üretiminde değerlendirilmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 15, Sayfa 65-71.

Qu, J. (1993). The effect of slightly weakened interfaces on the overall elastic properties of composite materials. *Mechanics of Materials*, 14(4), 269-281.

Tanikella, N. G., Wittbrodt, B., Pearce, J. M. (2017). Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. *Additive Manufacturing*, 15, 40-47. DOI: 10.1016/j.addma.2017.03.005

Tao, Y., Wang, H., Li, Z., Li, P., Shi, S. Q. (2017). Development and application of wood flour-filled polylactic acid composite filament for 3D printing. *Materials*, 10(4), 339. DOI: 10.3390/ma10040339

Tufan, M., Mengeloğlu F. (2010). Odun Plastik Kompozitleri Ve Ülkemizde Odun Plastik Kompozit Üretiminde Kullanılabilecek Hammaddeler Üzerine Genel Bir Değerlendirme. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, Cilt: IV Sayfa: 1658-1664

UNECE/FAO, (2016). Promoting Sustainable Building Materials and the Implications on the Use of Wood in Buildings. *A Review of Leading Public Policies in Europe and North America; United Nations:* Geneva, Switzerland. p. 104.

Vaezi, M., Chua, C. K. (2011). Effects of layer thickness and binder saturation level parameters on 3D printing process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 53(1), 275-284. DOI: 10.1007/s00170-010-2821-

Valzano, F. (2007). A literature review on the composting of composite wood products. *Second edition Recycled Organics Unit*

Vasiliev, V. V., Morozov, E. V. (2018). Advanced mechanics of composite materials and structures. *Elsevier*.

Yıldırım, M. N., Doruk, Ş., Karaman, A. (2019). 3d yazıcıda üretilmiş kavela bağlantı elemanının L tipi mobilya köşe birleştirmelerinde kullanımı. In 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2019) (pp. 174-177).

Yıldırım, M. N., Karaman, A., Doruk, Ş. (2019,). 3D Yazıcıda Üretilmiş "T" Tipi Bağlantı Elemanlarının Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Kullanımı. In 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2019) (pp. 169-173).

Zandi, M. D., Jerez-Mesa, R., Lluma-Fuentes, J., Roa, J. J., Travieso-Rodriguez, J. A. (2020). Experimental analysis of manufacturing parameters' effect on the flexural properties of wood-PLA composite parts built through FFF. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 106(9), 3985-3998.

Zanuttini R. & Negro F. (2021). Wood-Based Composites: Innovation towards a Sustainable Future. In https://www.researchgate.net/publication/356834931

Url-1: https://www.turkchem.net/kompozit-malzemeler-ve-ozellikleri.html. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-2: https://tr.wikipedia.org/wiki/Yönlendirilmiş_yonga_levha. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-3: https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel-strand_lumber. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-4: https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-laminated_timber. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-5: https://tr.wikipedia.org/wiki/Sunta. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-6: https://tr.wikipedia.org/wiki/MDF. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-7: https://www.yildizentegre.com/tr/urunler/mdflam-suntalam?page=3. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-8: https://en.wikipedia.org/wiki/Hardboard. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-9: https://www.kontrplak.gen.tr/kontrplak-yonga-levha.html. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-10: https://www.pelipan.com/yonga-levha/. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-11: https://nn.wikipedia.org/wiki/R%C3%A5vare. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-12: https://cesmimarlik.com/ahsap-esasli-malzemeler-nelerdir/. Erişim Tarihi: 29.01.2023

Url-13: https://www.mertsit.com.tr/sunta-yani-yonga-levha-nedir/. Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-14: https://www.drevostavitel.cz/clanek/elektricky-hoblik-na-drevo/4103. Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-15: http://yomsad.org.tr/lif-levha-mdf-nedir/. Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-16: https://no.wikipedia.org/wiki/MDF#/media/Fil:MDF_Sample.jpg. Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-17: https://www.oscarorman.site/urun/suntalam/. Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-18: http://www.baykalormanurunleri.com/urun/mdflam.html, Erişim Tarihi: 30.01.2023

Url-19: https://segerorman.com.tr/product-details/marin-kontrplak/. Erişim Tarihi: 31.01.2023

Url-20: http://www.sariogluorman.com.tr/kontrplak.html. Erişim Tarihi: 31.01.2023

Url-21: https://encrypted-tbn3.gstatic .com/images?q=tbn:ANd9GcQsqFs fMPFHP We8m aHsyV lvG 4gf6pdLBDJSTjekEwfEmbdtdOKo. Erişim Tarihi: 01.02.2023

Url-22: https://turkishwoodworkingmachinery.com/listing/flat-plywood-production/. Erişim Tarihi: 31.01.2023

Url-23: https://www.contemporist.com/ionic-bench-by-laurie-beckerman/. Erişim Tarihi: 01.02.2023

Url-24: https://www.catimakasi.com/upload/icerik/kontrplak-kullanimi.jpg. Erişim Tarihi: 02.02.2023

Url-25: https://en.wikipedia.org/wiki/Wood-plastic_composite#/media/File:Wood_plastic_composite.JPG. Erişim Tarihi: 01.03.2023

Url-26: https://en.wikipedia.org/wiki/Wood-plastic_composite#/media/File:Trex_Transcend_Decking_and_Railing_stairs.png. Erişim Tarihi: 01.03.2023

Url-27: http://parkgen.com/ahsap-plastik-kompozit/#iLightbox[9]/2. Erişim Tarihi: 01.03.2023.

Url-28: http://uguryapidizayn.com/pages/details/61/kompozit-deck-kaplama. Erişim Tarihi: 02.03.2023

Url-29: https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_board. Erişim Tarihi: 28.01.2023

Url-30: Proposal for a Regulation on Deforestation-Free Products. https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-deforestation-free-products_en. Erişim Tarihi: 05.03.2023

BÖLÜM III

MÜHENDİSLİK TASARIM PROBLEMLERİ İÇİN BAL PORSUĞU ALGORİTMASI

Honey Beeder Algorithm for Engineering Design Problems

Emine BAŞ

(Dr.Öğr.Üyesi), Konya Teknik Üniversitesi, e-mail:ebas@ktun.edu.tr
ORCID: 0000-0003-4322-6010

1. Giriş

Optimizasyon terimi, sonucu maksimum düzeyde elde etmek için veya en aza indirmek için belirli bir sistem için tüm olası değerlerden en iyi çözümleri bulma sürecini ifade eder. Son birkaç yılda, mevcut problemlerin karmaşıklığı arttıkça, yeni optimizasyon tekniklerine duyulan ihtiyaç da artmıştır. Daha önce, optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılan geleneksel matematiksel teknikler çoğunlukla deterministtir ve tek bir büyük problemden mustariptir. Bu durum, bu teknikleri gerçek optimizasyon problemlerinin çözümünde oldukça verimsiz hale getirerek, son yirmi yılda skolastik optimizasyon tekniklerine artan bir ilgiye yol açmıştır. Çoğu zaman, mühendislik, kablosuz sensör ağları, görüntü işleme, özellik seçimi, makine öğrenimi parametrelerinin ayarlanması, biyo-enformatik vb. alalarındaki gerçek dünyadaki optimizasyon problemlerinin çoğu, yüksek oranda doğrusal değildir ve dışbükey değildir. Birçok kısıtlamalar ve birçok değişken içere bilirler. Bu nedenle, bu tür optimizasyon problemlerinin çözümü, birçok yerel minimumdan dolayı karmaşıktır. Ayrıca, optimum bir çözüm bulmayı garanti etmezler. Bu tarz gerçek dünya problemlerinde karşılaşılan zorluklardan dolayı daha iyi çözümler için alternatif ve etkili teknikler geliştirmek ihtiyacı doğmuştur.

Literatürde birçok araştırmacı daha iyi çözümler bulmak için yeni metotlar bulmaya veya mevcut yöntemleri iyileştirmeye çalışmıştır. Meta sezgisel yöntemlerle çalışan araştırmacılar, global optimumu bulmak için daha iyi arama metotları bulmaya çalışmaktadır. Gerçek hayattaki optimizasyon problemlerinde,

arama alanı katlanarak büyüdüğü ve problem ortamını çok modlu hale getirdiği için, geleneksel optimizasyon yöntemleri genellikle optimal olmayan çözümler üretir. Bu durum literatürde son yıllarda, çeşitli yeni meta sezgisel algoritmanın geliştirilmesine neden olmuştur. Önerilen bu algoritmalar, daha karmaşık problemlerde optimal çözümler elde etmede daha başarılı olmuşlardır.

Meta sezgisel algoritmaların optimum çözümleri elde etmedeki başarısını arttırmak için son yıllarda, çeşitli arama stratejileri geliştirilerek bu algoritmalara dahil edilmiştir. Meta sezgisel algoritmalar, doğa mevcut nesnelerin veya canlıların taklit edilmesiyle geliştirilirler. Bazen canlıların biyolojik özellikleri, bazen fiziksel özellikleri, bazen etolojik özellikleri veya bazen de sürü zekası ilkeleri taklit edilirler. Meta sezgisel algoritmalardan bazıları çeşitli bilim dallarında da çeşitli problemlerin çözümleri için sıklıkla kullanılırlar. Karınca Kolonisi Algoritması (KKA), Yapay Arı Kolonisi (YAK) ve Ateş Böceği Algoritması (ABA) gibi bazıları sadece bilgisayar bilimlerinde değil, aynı zamanda farklı alanlarda da sıklıkla kullanılmaktadır (Hashim ve diğerleri, 2020; Bonabeau ve diğerleri, 1999; Russell ve Kennedy, 1995). Bu durum, temel olarak esneklik, gradyan içermeyen mekanizma ve yerel optimumdan kaçınma gibi birkaç ana nedenden dolayı, meta-sezgisel teknikleri kullanan kapsamlı teorik çalışma ve pratik uygulamalarla sonuçlanmıştır. Bu yöntemler gradyansız olduğundan, arama uzayının türevini hesaplamaya gerek yoktur; dolayısıyla hesaplama maliyetini düşürür, çeşitli problemleri çözmek için oldukça esnektir. Meta sezgisel algoritmaların bu avantajlarından dolayı, bu algoritmalar bilimin farklı dallarında sıklıkla karşımıza çıkar.

Tek çözüm tabanlı ve popülasyon tabanlı olmak üzere meta sezgisel algoritmalar iki ana sınıfa ayrılır. Arama uzayında keşfetme ve sömürü yeteneği açısından popülasyon tabanlı algoritmaların daha başarılı olduğu literatürde gerçekleştirilen çalışmalar ile kanıtlanmıştır (Boussaid ve diğerleri, 2013). Daha fazla fonksiyon değerlendirmesine ihtiyaç duyulmasına rağmen, literatür popülasyon tabanlı algoritmaların gerçek zorlu problemleri çözmek için oldukça uygun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, son yıllarda popülasyon tabanlı birçok algoritma literatürde önerilmiştir. Bunlardan biride bal porsuğunun yiyecek arama davranışını taklit eden Bal Porsuğu Algoritması (BPA) adlı meta-sezgisel algoritmadır (Hashim ve diğerleri, 2022). Keşif ve kullanım arasındaki dengeyi koruma yeteneği, etkili aramada önemli bir rol oynadığından, BPA dinamik arama stratejilerini kapsar. Bu özellik, verilen arazide geniş bir alanı araştırmak için arama süreci boyunca geniş popülasyon çeşitliliğinin koruduğundan, BPA'nın birçok yerel bölgeyle zorlu optimizasyon problemlerini çözmesini sağlar.

Bu çalışmada, BPA'nın başarısını test etmek için gerçek dünya mühendislik tasarım optimizasyon problemlerinden on bir tanesi çözülmüştür. SA, PSO, CMA-ES, L-SHADE, MFO, EHO, WOA, GOA, TEO, HHO ve HBA dahil on bir meta sezgisel algoritma ile sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. BPA algoritmasının etkinliği kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın ana katkıları şunlardır: Sürü zekasına dayanan yeni bir sezgisel algoritma bu çalışmada tanıtılmıştır ve performansı on bir gerçek dünya probleminde gösterilmiştir.

Makalenin organizasyonu takip ettiği gibidir: Bölüm 2'de, BPA algoritmasının yapısı ve matematiksel modeli açıklanmıştır. Bölüm 3'te BPA'nın seçilmiş on bir mühendislik tasarım problemlerindeki sonuçları değerlendirilmiştir ve literatürden seçilmiş birkaç meta-sezgisel algoritma ile karşılaştırılmıştır. Böylece BPA'nın performansı hakkında derinlemesine bir analiz sunulmuştur. Bölüm 4'te BPA'nın başarısı hakkında değerlendirmeler verilmiştir ve BPA ile yapılması planlanan çalışmalar önerilmiştir.

2. Bal Porsuklarının Genel Biyolojisi

Bal porsukları, genellikle Afrika'nın yarı çöllerinde ve yağmur ormanlarında, Güneybatı Asya'da ve Hindistan alt kıtasında bulunan ve korkusuz doğasıyla tanınan siyah beyaz tüylü ve kürklü bir memelidir. Bal porsuğunun boyu 60 ila 77 cm arasındadır. Bal porsuğunun ağırlığı ise 7 ila 13 kg arasındadır. Tehlikeli yılanlar dahil atmış farklı türü avlaya bilen bal porsukları korkusuz birer toplayıcıdır. Tehlikeli yılanlar dahil atmış farklı türü avlarlar. Alet kullanabilen zeki bir hayvandır ve balı sever. Kendi kazdığı deliklerde yalnız kalmayı tercih eder ve diğer porsuklarla sadece çiftleşmek için buluşur. Dünya genelinde 12 tanınmış bal porsuğu alt türü mevcuttur. Yavrular yıl boyunca doğduğundan, bal porsukları için belirli bir üreme mevsimi yoktur. Cesur yapıları nedeniyle, kaçamadığı zaman çok daha büyük yırtıcılara bile saldırmaktan asla çekinmezler. Bu hayvan ayrıca, kuş yuvalarına ve yiyecek için arı kovanlarına ulaşmak için ağaçlara kolayca tırmanabilirler (Begg ve diğerleri, 2003; Begg ve diğerleri, 2005).

Bir bal porsuğu, farelerde olduğu gibi keskin bir koku duyusuna sahiptir. Bir bal porsuğu fare becerilerini kullanarak sürekli yavaş yürüyerek avını bulur. Avını bulurken sürekli kazarlar ve avının yaklaşık yerini tespit etmeye çalışırlar. Bir günde, yiyecek arama girişimlerinde kırk kilometre veya daha fazla yarıçapta elli kadar delik kazabilir. Bal porsuklarının yiyeceklerden en çok sevdiği baldır. Fakat bal porsuklarının kovanların yerini bulmada başarılı olduğu söylenemez. Doğada balı seven bir kuş türü daha mevcuttur. Bu kuş türü bal-rehber ismi ile

adlandırılmaktadır. Bal-rehber kuşları kovanların yerini bulmada üstün başarıya sahiptir fakat balı kovandan alamazlar. Her iki hayvan türünün kendilerinde mevcut olan üstün yetenekleri ile doğada hayatta kalabilmek için karşılıklı bir iş birliği davranışını doğurmuştur. Bu davranış şöyle tanımlanır: bal-rehber kuşları kovanların yerini bulur, bal porsukları da kovandan balı alır. Bu ekip çalışması sonucunda her ikisi de istediği yiyeceğe ulaşır (Hashim ve diğerleri, 2022).

Bal Porsuğu Algoritması (BPA), bal porsuğunun yiyecek arama davranışını taklit eder. Bal porsukları besin kaynaklarını bulmak için iki tür davranış sergilerler ((a) kokla ve kaz, (b) rehber kuşu takip et). Bu davranışlar BPA'da iki metotla gösterilmiştir bunlar kazma yöntemi ve bal yöntemi olarak adlandırılmıştır. Kazma metodunda bal porsukları önce avın yerini koklayarak bulmaya çalışır ve sonra kazar. Bal yönteminde ise bal porsuğu arı kovanını doğrudan bulmak için bal kılavuzu kuşunun rehberliğini alır.

2.1. Bal Porsuğu Algoritması (BPA)

Daha önce tartışıldığı gibi BPA, "kazma aşaması" ve "bal aşaması" olmak üzere iki aşamadan oluşur ve aşağıda bu aşamalar detaylı olarak açıklanmıştır:

Bu bölüm, önerilen BPA algoritmasının matematiksel formülasyonunu tanıtmaktadır. BPA, hem keşif hem de sömürü yeteneklerine sahip küresel bir optimizasyon algoritmasıdır. BPA'nın sözde kodu Algoritma 1'de (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) sunulmuştur. Matematiksel olarak, BPA'nın adımları aşağıdaki gibi detaylandırılmıştır. Burada, BPA'daki aday çözümlerin popülasyonu Denklem 1 ile temsil edilir (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022):

$$Aramauzayi = \begin{bmatrix} x_{11} x_{12} & x_{13} \ldots x_{1D} \\ x_{21} x_{22} & x_{23} \ldots x_{2D} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_{n1} x_{n2} & x_{n3} \ldots x_{nD} \end{bmatrix} \tag{1}$$

$$x_i = [x_i^1, x_i^2, x_i^3, \ldots, x_i^D] \tag{2}$$

Denklem 2, i. pozisyondaki bal porsuğunun konumunu göstermektedir.

1. Adım: Başlangıç aşaması: Başlangıçtaki bal porsuklarının sayısı (nüfus büyüklüğü=N) ve bunların ilgili konumları Denklem 3 'e (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) göre başlatılır.

$$x_i = lb_i + r_1 \times \left(ub_i - lb_i\right) \tag{3}$$

Burada, r_1, 0-1 arasında üretilen rastgele bir sayıdır. x_i, N popülasyonunda bir aday çözüme atıfta bulunan *i*. bal porsuğu konumudur, lb_i ve ub_i ise arama alanının sırasıyla alt ve üst sınırlarıdır.

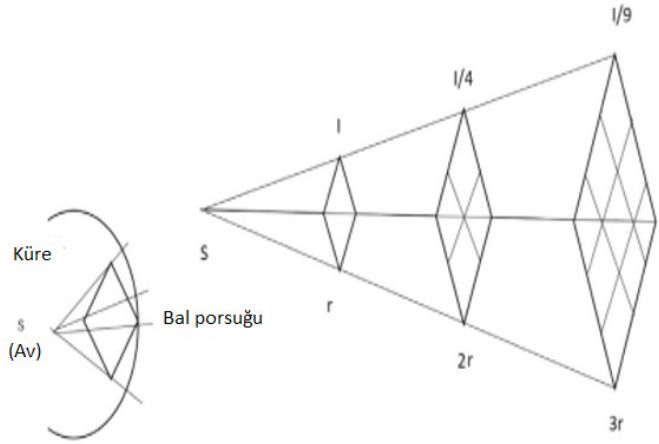
2. Adım: Yoğunluk tanımı (I): Yoğunluk, avın konsantrasyon gücünü ifade etmektedir. Yoğunluk derecesi bal porsuğu ile av arasındaki mesafe ile orantılıdır. I_i, avın koku yoğunluğudur; koku yüksekse, hareket hızlı olacaktır ve tersi Şekil 1'de gösterildiği gibi Ters Kare Yasası (Kapner ve diğerleri, 2007) ile verilmiştir ve Denklem 4'te (Hashim ve ark., 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) gösterilmiştir.

$$I_i = r_2 \times \frac{S}{4\pi d_i^2} \tag{4}$$

$$S = \left(x_i - x_{i+1}\right)^2$$

$$d_i = x_{prey} - x_i$$

Burada S, kaynak gücü veya konsantrasyon gücüdür (avın konumu, Şekil 1'de gösterildiği gibi). d_i, av ile *i*. porsuk arasındaki mesafeyi belirtir.



Şekil 1: Ters Kare Yasası (Kapner ve diğerleri, 2007; Hashim ve diğerleri, 2022)

3. Adım: Yoğunluk faktörü güncellemesi: Yoğunluk faktörü (α), keşiften sömürüye sorunsuz geçişi sağlamak için zamanla değişen rastgeleleştirmeyi kontrol eder. Denklem 5 (Hashim ve ark., 2020; Hashim ve ark., 2022) kullanarak zamanla rasgeleleştirmeyi azaltmak için yinelemelerle azalan faktör α'yı günceller.

$$\alpha = C \times exp\left(\frac{-t}{t_{max}}\right) \tag{5}$$

Bu arada t_{max} maksimum iterasyon sayısını göstermektedir. C ise süreklilik değeridir (C'nin default değeri 2'dir ve C >=1).

4. Adım: Yerel tuzaklardan kaçış: Algoritmanın 4. ve 5. adımları arama uzayında en iyi yerel çözüm noktalarından kaçmak için kullanılır. Bu aşamada arama uzayını arayan aday çözümler arama yönünü değiştiren bir bayrak F kullanır.

5. Adım: Temsilcilerin pozisyonlarının güncellenmesi: Daha önce ifade edildiği gibi, BPA pozisyon güncelleme süreci (x_{new}) "*kazma süreci*" ve "*bal süreci*" olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Aşağıda daha ayrıntılı bir açıklama verilmiştir.

Kazma süreci: Bu süreçte bir bal porsuğu Şekil 2'te gösterildiği gibi Kardioid şekline benzer bir eylem gerçekleştirir. Kardioid hareketi Denklem 6 (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) ile simüle edilebilir.

$$x_{new} = x_{prey} + F \times \beta \times I \times x_{prey} + F \times r_3 \times \alpha \times d_i \times \left| cos\left(2\pi r_4\right) \times \left[1 - cos\left(2\pi r_5\right)\right]\right| \tag{6}$$

Burada x_{prey}, şimdiye kadar bulunan en iyi konum olan avın konumudur Başka bir deyişle küresel en iyi konumdur. β >= 1 (varsayılan = 6) bal porsuğunun yiyecek alabilme yeteneğidir. d_i, av ile i. bal porsuğu arasındaki mesafedir (Denklem 4). r_3, r_4 *ve* r_5 değerleri 0 ile 1 arasında değer alan üç farklı rastgele sayıdır. F arama yönünü değiştiren bayrak olarak çalışır, Denklem 7 (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) kullanılarak belirlenir.

$$F = \begin{cases} 1 & eğer\ r_6 \leq 0.5 \\ -1 & diğer\ türlü \end{cases} \tag{7}$$

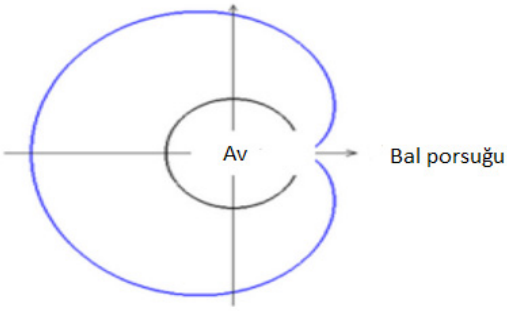
Burada, r_6, 0-1 arasında rastgele bir sayıdır. Kazma aşamasında, bir bal porsuğu büyük ölçüde bir x avının koku yoğunluğuna (I), porsuk ile av arasındaki mesafe (d_i) ve zamanla değişen arama etkisi faktörü **α**'ya bağlıdır.

Bal süreci: Bir bal porsuğunun arı kovanına ulaşmak için rehber kuşu takip ettiği durum Denklem 8 (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) ile simüle edilebilir.

$$x_{new} = x_{prey} + F \times r_7 \times \alpha \times d_i \tag{8}$$

Burada, r_7, 0-1 arasında rastgele bir sayıdır. x_{new}, bal porsuğunun yeni konumunu belirtirken, x_{prey}, av konumudur, F ve α, sırasıyla Denklem 7 ve

Denklem 5 kullanılarak belirlenir. Denklem 8'den, bir bal porsuğunun d_i uzaklık bilgisine göre o ana kadar bulunan av lokasyonu x avına yakın arama yaptığı gözlemlenebilir. Bu aşamada arama, zamana (α) göre değişen arama davranışından etkilenir. Ayrıca, bir bal porsuğu F karmaşıklığı bulabilir. BPA'nın sözde kodu Algoritma 1'de (Hashim ve diğerleri, 2020; Hashim ve diğerleri, 2022) gösterilmiştir.



Şekil 2: Kazma aşaması (Hashim ve diğerleri, 2020; Kapner ve diğerleri, 2007; Hashim ve diğerleri, 2022)

Algoritma 1: *BPA 'nın sözde kodu*

t_{max}, N, β, C parametrelerini ayarla.
Popülasyonun rastgele pozisyonlarını oluştur.
Her x_i bal porsuğunun amaç fonksiyonuna göre değerlendir.
En iyi pozisyonu x_{prey} olarak ata.
While t <= t_{max} **do**
  α parametresini Denklem 5'i kullanarak güncelle.
  For i = 1 **to** N **do**
    I_i yoğunluğunu Denklem 4'ü kullanarak hesapla.
    If r < 0.5 **then**
      x_{new} pozisyonunu Denklem 6 ile güncelle.
    else
      x_{new} pozisyonunu Denklem 8 ile güncelle.
    End if
    Yeni pozisyonları amaç fonksiyonuna göre değerlendir.
    If f_{new} <= f_i **then**
      $x_i = x_{new}$ ve $f_i = f_{new}$.
    End if
    If f_{new} <= f_{prey} **then**
      $X_{prey} = x_{new}$ ve $f_{prey} = f_{new}$.
    End if
  End for
End while (Durdurma kriteri sağlandı)
Sonuç elde et. (En iyi av) (x_{prey}) (f_{prey})

3. Deneysel Bölüm

Algoritma kodlamaları Matlab R2014a üzerinde kodlanmıştır. Uygulamalar işlemcisi intel Core i5 1.19 Ghz, ram değeri 12Gb olan işletim sistemi windows10 olan bir makine üzerinde çalıştırılmıştır. 11 farklı mühendislik tasarım problemi BPA ile çözülmüştür. BPA'nın performansı en iyi, en kötü, ortalama ve standart sapma hesaplamaları yapılarak gösterilmiştir. Her bir uygulama 30 bağımsız çalışma şeklinde değerlendirilmiştir. Uygulamalarda kullanılan parametre değerleri Tablo 1 de gösterilmiştir. Tablo 2 de optimum sonuçlar ve çözülen mühendislik tasarım problem isimleri gösterilmiştir. Sonuçlar Tablo 3 de gösterilmiştir.

Tablo 1: Parametre ayarları

Algoritma	**Parametre**	**Değer**
BPA	beta	6
	C	2
	Populasyon sayısı	30
	Boyut	7, 3, 4, 2, 4, 5, 4, 2, 4, 4, 4
	Maksimum döngü	300

Tablo 2: Mühendislik Tasarım Problemleri için optimum sonuçlar

Problem No	***Problem İsmi***	***Optimum Sonuçlar***
P1	Speed Reducer	2994.4244658
P2	Tension/compression spring design	0.012665232788
P3	Pressure vessel design	6059.714335048436
P4	Three-bar truss design problem	2.6389584338E+02
P5	Design of gear train	2.70085714e-12-1e-4
P6	Cantilever beam	1.3399576
P7	Minimize I-beam vertical deflection	0.0130741
P8	Tubular column design	26.486361473
P9	Piston lever	8.41269832311
P10	Corrugated bulkhead design	6.8429580100808
P11	Design of welded beam design	1.724852308597366

Tablo 3: Mühendislik Tasarım Problemleri için BPA sonuçları
(en iyi, en kötü, ortalama ve standart sapma)

Problem No	***En iyi***	***En kötü***	***Ortalama***	***Standart Sapma***
P1	2994.4245	2994.4245	2994.4245	*0*
P2	0.0127	0.0127	0.0127	*0*
P3	6059.7143	6059.7143	6059.7143	*0*
P4	263.8958	263.8958	263.8958	*0*
P5	7.29E-26	4.61E-09	2.09E-10	8.32E-10
P6	1.3400	1.3400	1.3400	*0*
P7	0.0131	0.0131	0.0131	*0*
P8	26.4864	26.4864	26.4864	*0*
P9	8.4127	8.4127	8.4127	*0*
P10	6.8430	6.8430	6.8430	*0*
P11	1.7249	1.7249	1.7249	*0*

3.1. BPA'nın Literatür ile Karşılaştırılması

Literatürden seçilen çeşitli sezgisel algoritmalar (SA, PSO, CMA-ES, L-SHADE, MFO, EHO, WOA, GOA, TEO, HHO, HBA) ile BPA karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları direk Hashim ve diğerlerinden alınmıştır (Hashim ve diğerleri, 2022). Karşılaştırmalarda maksimum döngü 1000 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da gösterilmiştir. Üstün performans gösteren sonuçlar kalın font ile işaretlenmiştir. Üç farklı mühendislik tasarım problemi için sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre HBA'dan sonra en başarılı algoritma BPA olmuştur. BPA'nın ortalama sonuçları SA, PSO, CMA-ES, L-SHADE, MFO, EHO, WOA, GOA, TEO ve HHO'dan çok daha iyidir (Tension/compression spring design problemi ve Speed Reducer Problemi). BPA'nın ortalama sonuçları SA, PSO, CMA-ES, L-SHADE, EHO, WOA, GOA, TEO ve HHO'dan çok daha iyidir (Pressure vessel design Problemi).

Tablo 4: BPA ile literatür karşılaştırması (Tension/compression spring design problemi)

Algoritma	Ortalama	Standart Sapma
SA	0.01321	2.18E−03
PSO	0.01884	6.01E−04
CMA-ES	0.85621	4.72E+01
L-SHADE	0.04275	1.20E+02
MFO	0.01272	1.51E−03
EHO	0.10478	4.61E+01
WOA	0.1269	1.09E−03
GOA	0.01389	1.97E−03
TEO	0.01346	2.53E+05
HHO	0.01281	9.01E−04
HBA	**0.01207**	6.47E−05
BPA	0.0127	**0**

Tablo 5: BPA ile literatür karşılaştırması (Speed Reducer Problemi)

Algoritma	Ortalama	Standart Sapma
SA	3.00485E+03	1.13E+00
PSO	6.07692E+03	6.69E+03
CMA-ES	8.96248E+03	4.89E+04
L-SHADE	7.36125E+03	4.89E+04
MFO	2.99854E+03	3.54E−12
EHO	7.35047E+04	1.40E+04
WOA	2.99703E+03	1.03E+03
GOA	3.16932E+03	1.26E+03
TEO	3.59559E+03	5.61E+02
HHO	2.99710E+03	8.15E+00
HBA	**2.9554E+03**	2.311E−12
BPA	2.9944E+03	**0**

Tablo 6: BPA ile literatür karşılaştırması (Pressure vessel design Problemi)

Algoritma	Ortalama	Standart Sapma
SA	6.171595E+03	3.38E+02
PSO	2.413495E+04	3.09E+03
CMA-ES	7.976024E+03	1.44E+03
L-SHADE	1.050206E+04	2.86E+04
MFO	5.967881E+03	4.14E+02
EHO	1.998475E+04	1.11E+04
WOA	6.399544E+03	2.35E+03
GOA	7.534568E+03	1.77E+02
TEO	1.454789E+04	1.58E+03
HHO	5.956738E+03	3.34E+02
HBA	**1.27672E+03**	1.001E−01
BPA	6.0597E+03	**0**

4. Sonuç

Optimizasyon terimi, sonucu maksimum düzeyde elde etmek için veya en aza indirmek için belirli bir sistem için tüm olası değerlerden en iyi çözümleri bulma sürecini ifade eder. Son birkaç yılda, mevcut problemlerin karmaşıklığı arttıkça, yeni optimizasyon tekniklerine duyulan ihtiyaç da artmıştır. Literatürde birçok araştırmacı daha iyi çözümler bulmak için yeni metotlar bulmaya veya mevcut yöntemleri iyileştirmeye çalışmıştır. Meta sezgisel yöntemlerle çalışan araştırmacılar, global optimumu bulmak için daha iyi arama metotları bulmaya çalışmaktadır. Meta sezgisel algoritmalar doğadan esinlenerek veya çeşitli canlıların yaşam şekilleri taklit edilerek oluşturulmuş algoritmalardır. Bal Porsuğu Algoritması (BPA)'da bu tarz algoritmalardan birisidir. Bal porsuğunun yiyecek arama davranışını taklit edilmesi ile oluşturulmuştur. Keşif ve sömürü arasındaki dengeyi koruma yeteneği, etkili aramada önemli bir rol oynadığından, BPA dinamik arama stratejilerini geliştirmiştir. Bu özellik, verilen arama uzayında geniş bir alanı araştırmak için arama süreci boyunca geniş popülasyon çeşitliliğini koruduğundan, BPA'nın birçok yerel bölgeyle zorlu optimizasyon problemlerini çözmesini kolaylaştırmıştır. Bu çalışmada, BPA'nın başarısını test etmek için gerçek dünya mühendislik tasarım optimizasyon problemlerinden on bir tanesi çözülmüştür. BPA'nın sonuçları, SA, PSO, CMA-ES, L-SHADE, MFO, EHO, WOA, GOA, TEO, HHO ve HBA dahil on bir meta sezgisel algoritma ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, BPA sürekli optimizasyon

problemlerini çözmede etkili algoritmalardan biridir. BPA'nın sunmuş olduğu üstün başarısı ve dinamik arama stratejilerinin başarısı ispatlanmıştır.

Geleceğe dair çalışmalarda BPA'nın sömürü arama yeteneğinin üstünlüğüne ilaveten keşif arama yeteneğinin farklı teknikler kullanılarak geliştirilmesi düşünülmektedir. BPA'nın ikili optimizasyon problemlerindeki başarışı da gösterilecektir.

Kaynakça

Begg, C.M., Begg, K.S., Du Toit, J.T., Mills, M.G.L., (2003). Scent-marking behaviour of the honey badger, mellivora capensis (mustelidae), in the southern kalahari, Animal Behaviour, vol. 66, no. 5, pp. 917–929.

Begg, C.M., Begg, K.S., Du Toit, J.T., Mills, M.G.L., (2005). Life-history variables of an atypical mustelid, the honey badger mellivora capensis, Journal of Zoology, vol. 265, no. 1, pp. 17–22.

Bonabeau, E., Marco, D.dR.D.F., Dorigo, M., Théraulaz, G., Theraulaz, G., (1999). Swarm Intelligence: from Natural to Artificial Systems, vol. 1, Oxford University Press, pp. 307.

Boussaid, I., Lepagnot, J., Siarry, P., (2013). A survey on optimization metaheuristics, Information Sciences. vol. 237, pp. 82–117.

Hashim, F.A., Hussain, K., Houssein, E.H., Mabrouk, M.S., Al-Atabany, W., (2020). Archimedes optimization algorithm: a new metaheuristic algorithm for solving optimization problems, Applied Intelligence, vol. 51, pp. 1531–1551.

Hashim, F.A., Houssein, E.H., Hussain, K., Mabrouk, M.S., Al-Atabany, W., (2022). Honey Badger Algorithm: New metaheuristic algorithm for solving optimization problems, Mathematics and Computers in Simulation, vol. 192, pp. 84-110.

Kapner, D., Cook, T.S., Adelberger, E.G., Gundlach, J.H., Heckel, B.R., Hoyle, C.D., Swanson, H.E., (2007). Tests of the gravitational inverse-square law below the dark-energy length scale, Physical. Review. Letters. vol. 98, no. 2, pp. 021101.

Russell, E. and Kennedy, J., (1995). A new optimizer using particle swarm theory, Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science (IEEE), pp. 39–43.

BÖLÜM IV

IOT DESTEKLİ SÜRÜ YÖNETİM SİSTEM MODELİ TASARIMI

IoT Supported Herd Management System Model Design

Kamil Aykutalp GÜNDÜZ[1] & Fatih BAŞÇİFTÇİ[2]

[1](Öğr. Gör. Dr.), Selçuk Üniversitesi,
Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu, Konya, Türkiye
e-mail: aykutalp@selcuk.edu.tr
ORCID: 0000-0002-2290-5447

[2](Prof. Dr.), Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye
e-mail: basciftci@selcuk.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1679-7416

1. Giriş

Dünya üzerinde nüfus artışına bağlı olarak gıda tüketimi ve gıdaya ulaşım ihtiyacı da oldukça artmaktadır. Hayvancılık, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de nüfusun artışına bağlı olarak insanların dengeli beslenmesinde, yeterli gıdayı almalarında ve birçok alanda hem gıda hem de endüstri hammaddesi olarak kullanıldığından önemli bir konuma sahiptir. Büyükbaş hayvancılık ve besicilik, inek, sığır, öküz, manda gibi hayvanların yetiştiriciliği demektir. Besicilik hem süt hem de kırmızı et üretiminde ülkenin gelir kaynaklarına doğrudan etki etmektedir. Tarım ve hayvancılık alanlarında mevcut uygulama alanlarındaki verimi artırmak ve geç teşhis edilen hastalıkları azaltmak amacıyla bilgi iletişim teknolojileri kullanılarak sürekli güncel uygulamalar geliştirilmektedir. Büyükbaş çiftlik hayvanlarının kendi ortamlarındaki hareketlerini insan gözüyle izlemek ve kayıt altına almak zor işlerden biridir. Genellikle alışkanlıklarına göre hareket eden hayvanlarda bu hareketleri etiketlemek ve yetkili veteriner hekimlere iletmek zordur.

Hayvanların davranışlarının kayıt altına alınması, yorumlanması ve hastalıklara karşı erken teşhisin sağlanması için sürü takip sistemleri geliştirilmeye devam edilmektedir. Biyoalgılayıcılar, hayvanlarda fiziksel ve davranışa dayalı vücut tepkilerini elektronik sinyallerle çevirme özelliklerine sahip cihazlardır. Nesnelerin İnterneti (IoT), bu sistemler için etkileyici çözümler sunan ve kullanılan bir teknolojidir. Bu çalışmada, birçok çiftlik ortamı incelenerek, bir sürü yönetim sistemi içinde bulunması gereken modüllerin analizi yapılmış, büyükbaş hayvanların vücutlarına takılabilen IoT teknolojisi ile uyumlu, biyoalgılayıcılardan alınan verileri kablosuz olarak iletimini sağlayıp, kayıt altına alabilen, grafiksel olarak kullanıcıya sunabilen, web tabanlı olarak izlenebilen bir sistem çözümü sunulmuştur. Önerilen sistem ile çiftlik işletme sahiplerinin sürü takibinde kolaylık sağlaması hedeflenmiştir.

Endüstride birçok akıllı çiftlik uygulamaları ve sürü yönetim sistemleri bulunmaktadır. Yapılan uygulama ve yazılımların birçoğunda çiftlik ortamının turnike sistemiyle şekillendirilmesi, ahırın fiziksel olarak donatılması gerekliliği vardır. Bu çalışmada ise her türlü çiftlik ortamında çalışabilen, hayvanların üzerine yerleştirilen algılayıcılar ile hayvanın davranış ve besleme durum takibinin yapılması ve uyarı sistemi ile veteriner hekimlere yardımcı olan ve sorumlu kişilerin sürü takibini yapabilmelerini sağlayan bir model önerisi tasarlanmıştır. Bu suretle, çalışmanın her çiftlik yapısında uygulanabilirliği önemlidir. Hem bir sürü yönetimi hem de bir çiftlik yönetiminde olması gereken tüm modülleri otomasyon sisteminde barındıran bir model tasarlanmıştır. Sürü yönetim sistemi içinde, tasarlanan cihazlarla verilerin toplanıp, analiz edilerek, gerekli kişilere bildirmesine böylece erken teşhis ve tedavi uygulanmasına yardımcı olan gömülü bir sistem önerilmiştir. Tüm bunların kapsamında çiftlikler için dinamik bir sürü yönetim sistemi modeli tasarlanmıştır.

2. Literatür Araştırması

2014 yılında yapılan bir çalışmada Türkiye'nin Karaman ilinde küçükbaş hayvan çiftliklerindeki sürüler incelenmiş ve sürü yönetim sistemleri alanında bilişim teknolojilerinden faydalanan ve eğitim almış personeller incelenmiştir. (Şahinli, 2014). Taşkın ve ark., Türkiye'nin İzmir, Çanakkale ve Balıkesir illerindeki 234 adet keçi çiftliğindeki sürü yönetim durumunu incelemişlerdir (Taşkın et. al, 2017). Özbeyaz ve ark., hayvanların beden dili üzerine yapılan bir araştırmada, sürü yönetiminin hayvanların refahı ve rahatlıkları için nasıl olması gerektiği incelenmiştir (Özbeyaz ve Özbostancı, 2020). Türkiye'deki bölgelere ait süt sığırlarının robotik sürü yönetim sistemlerine sahip olma durumlarının

analizini yapan bir çalışma incelenmiştir (Çıkrıkçı, 2019). İzmir ilinin Ödemiş ilçesinde bulunan sığırcılık işletmelerinin sürü yönetim teknikleri incelenmiştir (Tatar ve Esenbuğa, 2022). Türkiye'nin Niğde ili sürü yönetim personeli kurs programında yer alan çiftçilerin, koyun yetiştirme faaliyetleri üzerine yapılan bir araştırmada, sürü yönetim sistemlerinin öneminden bahsedilmiştir (Çınar ve Ceyhan, 2021). Süt sığırları sürülerinin takip bilişim yönetimi alanında, modern teknoloji uygulamalarındaki farklı değerlendirmeler incelenmiştir (Tömek, 2006). Büyükbaş besi çiftliklerinde insan gözlemiyle elde edilen sonuçlar ve alınabilir önlemlerin işlendiği bir araştırma incelenmiştir (Göncü ve Bozkurt, 2019). Büyükbaş hayvan çiftliklerinde yaygın kullanılan hassas süt çiftliği teknolojileri ve kullanım amaçları incelenmiştir (Kaya ve Örs, 2013). Büyükbaş çiftliklerin işletmelerinde ihtiyaç olan teknik ve yönetimsel verilerin kayıt altına alınması ve işlenmesine yönelik bir yazılım geliştirilmiştir (Aydın ve Günlü, 2009). Türkiye'de hayvancılıkta kullanılan sürü yönetim sistemleri incelenmiştir (Karakuş, 2019). Kablosuz sensör ağları ile sürü yönetim sistemlerinin uygulanması çalışmasında canlı hayvan izleme uygulamaları için WSN tabanlı çözümlerin uygulanabilirliği incelenmiştir (Kwong, 2011).

3. Yazılım Materyalleri

3.1. PHP Dili

1995 yılında Rasmus Lerdorf tarafından oluşturulan PHP dilinin günümüzde halen geliştirilmesine devam edilmektedir (Avcı, 2010). PHP kısaca web tabanlı uygulamalar geliştirmeye yarayan dinamik web sayfaları hazırlamaya yarayan, popüler ve ücretsiz scriptleri barındıran piyasadaki birçok veri tabanı sunucusu ile performanslı çalışan bir programlama dilidir. İlk çıktığında isminin açılımı "Personal Home Page" yani Kişisel Ana Sayfa iken günümüzde "PHP: Hypertext Preprocessor" yani Üstün Yazı İşlemcisi olmuştur. Sunucu üzerindeki sabit sayfalara dinamiklik kazandırır. Dinamik web sayfalarını geliştirmeye yarayan dil olan PHP, en iyi veri tabanı bağlantı performansını MySQL ile ve Linux işletim sistemi altında gösterir.

3.2. MySQL Veri Tabanı

MySQL ilişkisel bir veri tabanı yönetim sistemidir. Sunucuda, veri tabanları oluşturmak, kullanmak, değiştirmek ve veri tabanı sistemleri ile ilgili tüm yönetimsel gereklilikleri sağlamak amacıyla geliştirilmiştir (İşcan, 2013). Birçok işletim sistemi ile uyumlu çalışmasına rağmen en iyi performansı Linux işletim sistemi altında sergilemektedir. İçerisinde ODBC sürücüleri de

barındırdığından farklı farklı yazılım geliştirme platformunda performanslı olarak kullanılabilir.

3.3. Arduino IDE

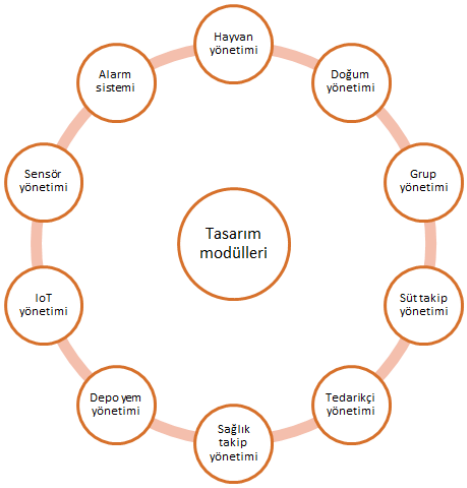
Piyasada bulunan birçok geliştirici kartların bilgisayara bağlanmasını, kodlanmasını ve kodların mikrodenetleyicilere yüklenmesini sağlayan bir yazılımdır. Arduino IDE açık kaynak kodlu ve ücretsiz olarak kullanılabilir. Mevcut geliştirici kartlarına uyumlu, içerisinde temel örnekler ve seri bağlantı ile veri akışlarını izleme olanağı sunan, ücretsiz kütüphaneler ile birçok algılayıcının sistem üzerinde kodlanmasını sağlayan bir platformdur.

3.4. Apache Web Sunucusu

Dünya üzerinde birçok ticari firmanın ve büyük veriye ihtiyaç duyan sunucuların üzerinde kurulu olan bir web servis hizmeti sunmaya yarayan programdır. Yüksek performanslı ve kararlı bir yapıya sahiptir (Gökalp, 2016). Apache bir web sunucusu olarak adlandırılsa da donanımsal bir server değildir. Sadece sunucuda çalışan bir hizmettir. İstemcilerle sunucu arasında uygulama katmanında çalışan tarayıcıların (Firefox, Chrome, Safari, vs.) arasında bir köprü oluşturarak dosyaları ileri geri taşır. Apache hem Windows hem de Unix tabanı işletim sistemlerinde çalışabilir.

4. Uygulama Bölümü

Tasarlanan modelde bulunan modüller Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Tasarıma ait modüller

Modüller başlığı; sistemin içerisinde barındırdığı modüllerin tanıtımının ve açıklamalarının bulunduğu kısımdır. Bu modüller sırasıyla:

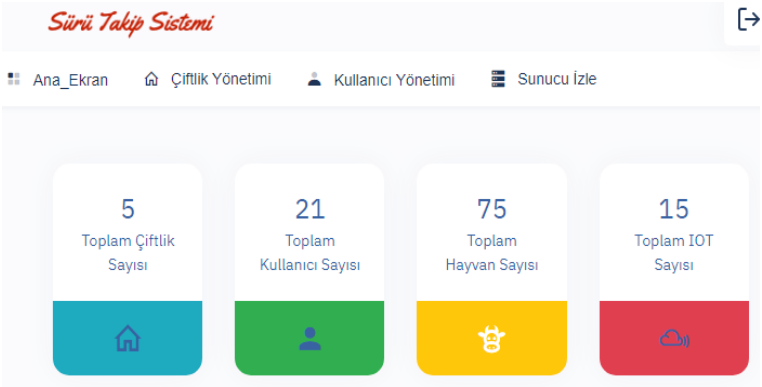
- Hayvan yönetimi
- Grup (bölme) yönetimi
- Gebelik ve tohumlama kontrol yönetimi
- Süt takibi yönetimi
- Tedarikçi yönetimi
- Sağlık takibi yönetimi
- Depo takibi yönetimi
- Uyarı sistemi (alarm)
- Besleme parametreleri yönetimi
- Konum takibi yönetimi
- Kızgınlık takibi yönetimi olarak temel bilgilerin bulunduğu başlıktır.

4.1. Kullanıcı Yetkilendirme

Modelde kullanıcıların giriş yapılabilmesi için sistem tarafından sağlanan bir kullanıcı adı ve şifre oluşturulması gerekmektedir. Bu erişim bilgileri, sistem yöneticisi tarafından sağlanmaktadır. Modelde 4 adet kullanıcı yetkilendirilmesi mevcuttur. Bunlar;

- Root (yönetici) yetkisi
- Veteriner hekim yetkisi
- Zooteknisyen yetkisi
- Kullanıcı yetkisi

Root yetkisi, sistemin veri tabanı kısmında oluşturulmuş ve tüm çiftliklerin tüm kullanıcı yetkisi sahipliğinin üzerinde bir yetkidir. Root kullanıcı yetkisiyle sisteme giriş yapıldığında kullanıcıyı karşılayan ekran Şekil 2'de gösterilmiştir.

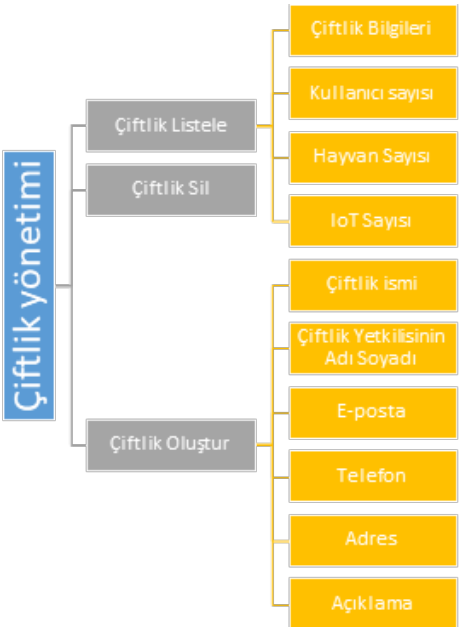


Şekil 2. Root (yönetici) ekranı

Root (yönetici) ana sayfasında 4 ana menü ve bu menülere ait alt menüler mevcuttur. Bunlar:

Ana ekran; bu menü sistem içerisinde kayıtlı toplam çiftlik sayısını, mevcut çiftliklere ait toplam kullanıcı sayısını, sistem üzerindeki toplam hayvan sayısını ve hayvanlarda tanımlı toplam IoT cihaz sayısını göstermektedir.

Çiftlik yönetimi; sistem üzerinde kayıtlı çiftliklerin listesini, yeni çiftlik oluşturma ve çiftlik silme işlemlerinin yapıldığı kısımdır. Şekil 3'de çiftlik yönetimi kısmında girilen ve listelenen bilgiler gösterilmiştir.

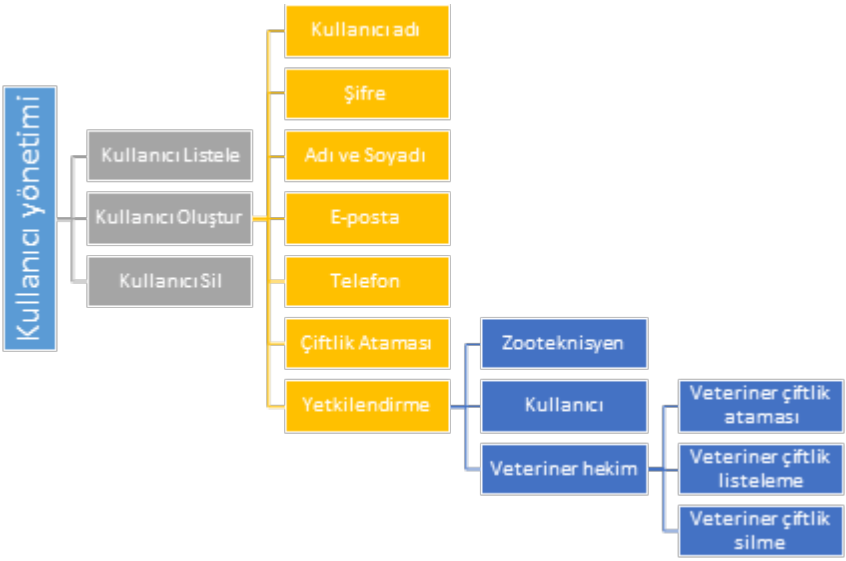


Şekil 3. Çiftlik yönetimi bilgiler

Kullanıcı yönetimi; sistem içerisinde mevcut kullanıcıların listelenmesi, kullanıcı oluşturma, kullanıcı silme ve yetki ataması yapılan kısımdır. Bunlar:

- Kullanıcı listele; çiftliklere ait kullanıcıları listeler.
- Kullanıcı oluştur; çiftliklere yeni bir kullanıcı oluşturur.
- Kullanıcı sil; kullanıcı siler.
- Veteriner hekim çiftlik ataması
- Veteriner hekim çiftlik listeleme
- Veteriner hekim çiftlik silme

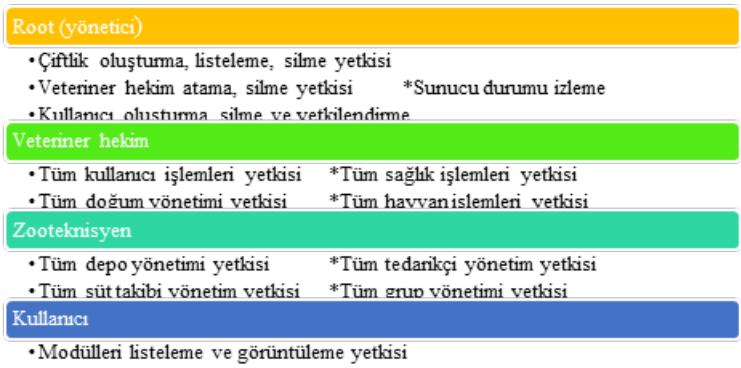
Veteriner hekimlerin çiftliklere ataması da bu bölümde yapılmaktadır. Sistem, bir veterinerin birçok çiftlikte aynı anda görevlendirilmesine olanak sağlar. Veteriner hekim üzerine atanmış bir çiftliğin yetki sonlandırılması da yapılır. Şekil 4'de kullanıcı yönetimi kısmında girilen ve listelenen bilgiler gösterilmiştir.



Şekil 4. Kullanıcı yönetimi bilgiler

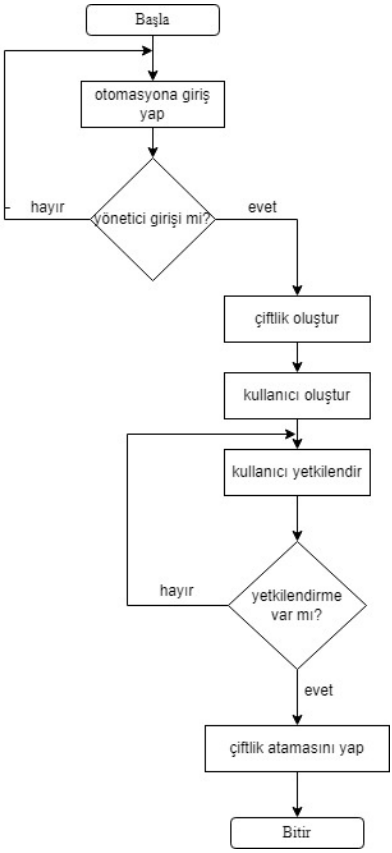
Sunucu izle; otomasyon sisteminin yapılandırıldığı ve çalıştığı sunucuya ait bilgilerin, mevcut işlemci (CPU), bellek (RAM) kullanım durumlarının, mevcut veri tabanı tablolarının kullandığı sabit disk durumunun izlendiği kısımdır.

Sistem içerisinde oluşturulan ve yetkilendirilen kullanıcı çeşitleri ve yetki durumları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Kullanıcı ve yetki hiyerarşisi

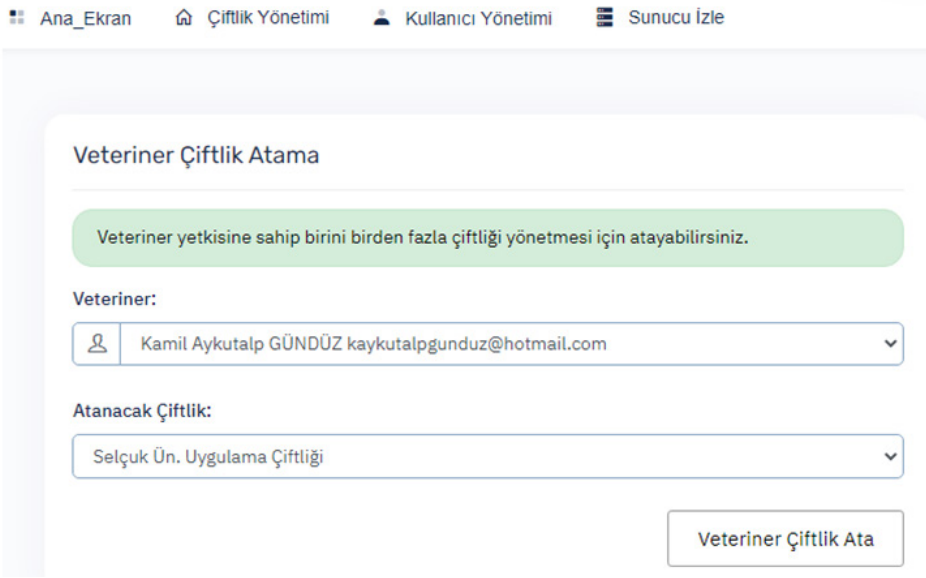
Sistemde kullanıcı yetkilendirmesi ve çiftlik ataması yapmak için öncelikle çiftlik oluşturulması gerekmektedir. Sisteme kullanıcı ekleme ve yetkilendirme iş akış diyagramı Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Genel *çiftlik* oluşturma ve kullanıcı yetkilendirme iş akış diyagramı

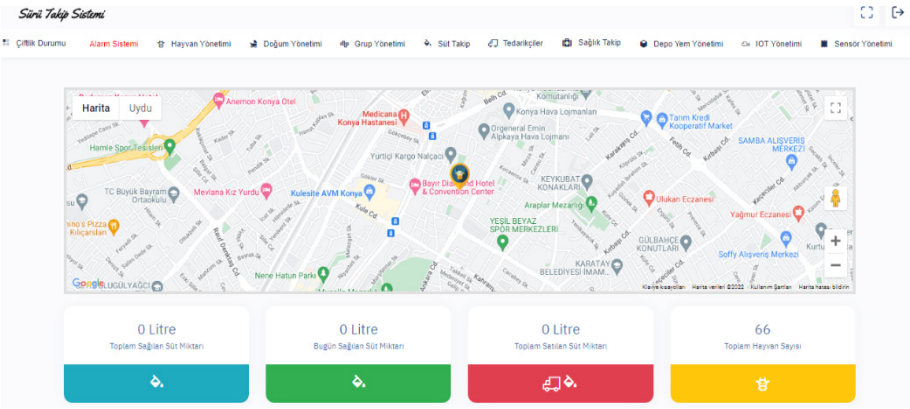
4.2. Veteriner Hekim Atama

İstenildiğinde yeni bir kullanıcı ve görev ataması yapılarak istenilen yetki sınırlaması çiftliğin kendi yöneticisinin tanımlaması ile gerçekleştirilebilir. Herhangi bir veteriner hekimin birçok farklı çiftlikte yetkilendirmesi yapılabilmektedir. Sistem, her bir çiftliğe ait bir veteriner hekim atandığı gibi aynı veteriner hekim farklı çiftliklerde de görev alabilir durumda oluşturulmuştur. Veteriner hekim atamasının yapıldığı kısım Şekil 7'de gösterilmiştir. Bu kısım kullanıcı yönetimi altında bulunan alt menüde veteriner çiftlik atama bölümündedir.



Şekil 7. Veteriner hekim çiftlik atama ekranı

Belirli bir çiftlik yönetimine yetki ataması yapılan veteriner hekim sisteme girdiğinde, eğer birden fazla çiftlik ataması yapıldı ise çiftlik seçim sayfası karşısına gelir. Tek bir çiftlik ataması yapıldı ise yetkilisi olduğu çiftlik otomasyonuna giriş yapabilir. Veteriner hekim yetkisiyle sisteme dâhil edilen kullanıcının otomasyon ara yüzü Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Veteriner hekim sistem ekranı

Veteriner hekim sisteme giriş yaptıktan sonra atandığı çiftlik üzerinde mesleki yetkileri dışında başka kullanıcılara yetki genişletmesi de yapabilmektedir.

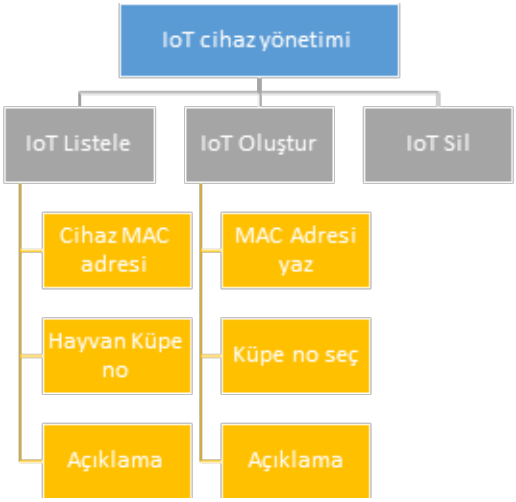
Çiftlik durumu; çiftliğe ait hızlı bir şekilde genel bilgilerin görüntülendiği kısımdır. Çiftlikte bulunan ve IoT cihazı takılmış tüm hayvanların mevcut konumlarının toplu olarak izlenebildiği bölüm ve toplam hayvan sayısının, güncel depo durumunun takip edildiği ekrandır.

Hayvan yönetimi; hayvanlarla ilgili tüm işlemlerin yapıldığı kısımdır. Bunlar:

- Hayvan listele; çiftliğe eklenmiş hayvanları listelemeye yarar.
- Hayvan oluştur; çiftliğe yeni bir hayvan oluşturmaya yarar.
- Hayvan sil; çiftlikten hayvan silmeye yarar.

IoT yönetimi; hayvanlara takılan cihazların tüm yönetiminin yapıldığı kısımdır. IoT cihaz yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 9'da gösterilmiştir. Bunlar:

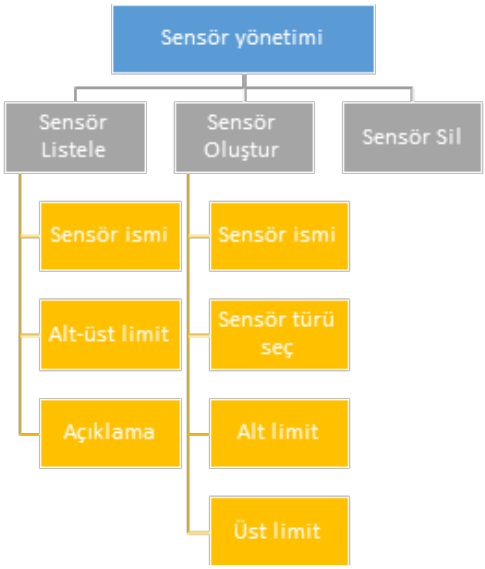
- IoT listele; mevcut IoT cihazlarının listelendiği kısımdır.
- IoT oluştur; yeni IoT cihazı eklemeye yarar.
- IoT sil; mevcut IoT cihazını silmeye yarar.



Şekil 9. IoT cihaz yönetimi bilgiler

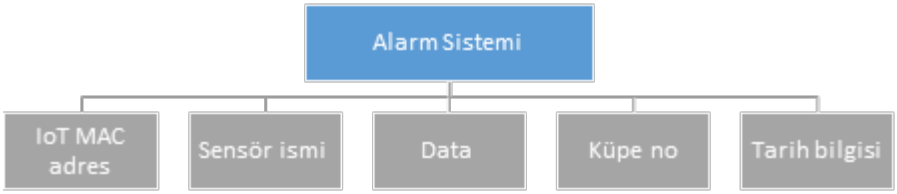
Sensör yönetimi; hayvanlara takılan IoT cihazlarına bağlı olan algılayıcıların tüm yönetiminin yapıldığı kısımdır. Sensör yönetim kısmında girilen ve listelenen bilgiler Şekil 10'da gösterilmiştir. Bunlar:

- Sensör listele; mevcut IoT cihazlarına bağlı sensörlerin listelendiği kısımdır.
- Sensör oluştur; yeni bir sensör bilgisi eklemeye yarar.
- Sensör sil; mevcut IoT cihazına bağlı sensörü silmeye yarar.



Şekil 10. Sensör yönetimi bilgiler

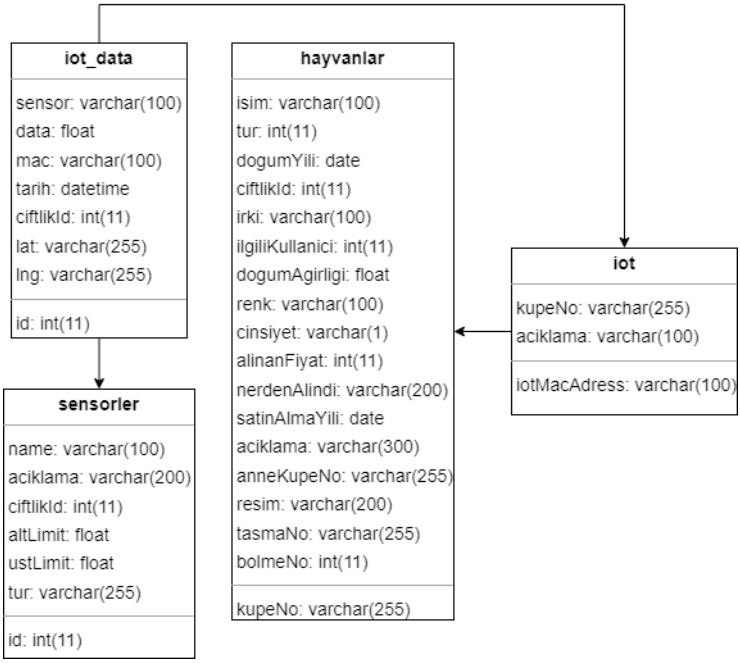
Alarm (uyarı) sistemi; cihaz takılı olan hayvanlardan gelen sensör verilerine göre, normal olmayan verilerin listelendiği kısımdır. Hayvan bazlı filtreleme yapılabilir. Alarm sistemi kısmında listelenen bilgiler Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Uyarı sistemi bilgiler

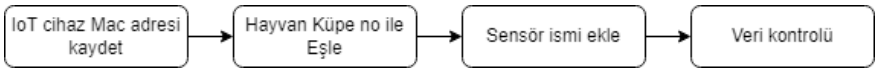
Alarm sistemi, sayfaya düşen veriler listelendiğinde hayvanın küpe numarasına tıklanarak hayvan bilgilerine ulaşılabilir durumda tasarlanmıştır.

Veri tabanı tasarımında, hayvanlara ait tüm bilgilerin ve hayvanlara giydirilen IoT cihazlarına bağlı algılayıcılardan gelen verilerin tutulması, işlenmesi ve son kullanıcıya grafiksel olarak sunulması amacıyla 22 adet tablo yapısı belirenmiştir. Çiftlik içerisinde kaydedilmiş tüm hayvanların bilgilerinin, hayvanlara atanmış IoT cihazları ve bu cihazlara ait sensör bilgilerinin tutulduğu tabloların UML yapısı Şekil 12'de gösterilmiştir.



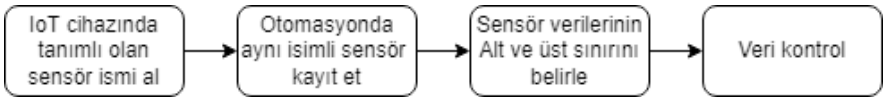
Şekil 12. Hayvan, IoT cihazları ve sensör bilgisi tabloları

Modelde IoT cihaz eklenirken izlenmesi gereken adımlar Şekil 13'de gösterilmiştir.



Şekil 13. IoT cihazı ekleme adımları

Veteriner hekim olarak sisteme giriş yapıldığında sisteme eklenen bir cihazın sensör verilerinin kontrolü sağlanabilir. Modelde sensör eklenirken izlenmesi gereken adımlar Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14. Sensör ekleme adımları

5. Sonuç

Geliştirilen model genel olarak bir çiftlik içerisinde gerekli olan ve piyasada bulunan diğer sürü takip yazılımlarının sahip olduğu tüm modüllere sahip olarak tasarlanmıştır. Piyasada bulunan hali hazırda hizmet veren web tabanlı sürü yönetim sistemleri ile karşılaştırıldığında oluşturulan mevcut sistemin IoT cihazlara uyumlu olma özelliğinin ön plana çıktığı görülmektedir. Önerilen modelin içinde bulunan modüllerin her biri, çiftliklerde çalışan veteriner hekimler, çiftlik çalışanları ve yöneticilerinin bir yönetim sisteminde ihtiyaç duydukları bölümlerden oluşturulmuştur.

Piyasada mevcut olan sürü yönetim sistemlerinin bazılarında kendi sistemlerine tümleşik olarak çalışan IoT cihazlarının mevcut olduğu görülmektedir. Önerilen model, piyasada satılan IoT destekli kablosuz olarak veri transferi yapabilen mikrodenetleyicilerin sisteme entegre çalışabilir biçimde tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemin diğer sürü yönetim sistemleri ile modül karşılaştırması Tablo 1'de gösterilmektedir.

TABLO 1. Tasarlanan sistemin diğer sürü yönetim sistemleriyle karşılaştırması

Sürü Yönetim Sistemleri	Sahip olunan özellikler											
	Hayvan Yönetimi	*Doğum Yönetimi*	*Grup Yönetimi*	*Süt Yönetimi*	*Tedarikçi Yönetimi*	*Sağlık Takibi*	*Aşı Takibi*	*Yem ve Depo Yönetimi*	*IoT Yönetimi*	*Sensör Yönetimi*	*Uyarı Sistemi*	*Muhasebe ve Raporlama*
EcoHerd	+	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-
Afimilk	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
CowMaster	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+
ciftlikyönetimi.com	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+
Delaval	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MetfarmGEA	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MiligramTR	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+
Nedapvelos	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
Uniformagro	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
Sezer sürü	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-
Dataflow II	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-
AfiFarm	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
AfiACT	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	-
TASARLANAN SİSTEM	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

6. Kaynaklar

Avcı, M. (2010). PHP nedir ve neler yapılabilir? [online], https://www.phpr.org/php-nedir-ve-neler-yapilabilir/ [Ziyaret Tarihi: 2 Ocak 2023].

Aydın, İ., Günlü, A. (2009). Hayvancılık İşletmelerinde Teknik ve Finansal verilerin Tutulmasına ve Değerlendirilmesine Yönelik Bir Bilgisayar Yazılımı. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 80(4): 21-30.

Çıkrıkçı, A.C. (2019). Türkiye'de Robotik Sağım Sistemiyle Çalışan İşletmelerin Sürü Yönetim Performans Değerlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Namık Kemal* Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ.

Çınar, S., Ceyhan, A. (2021). Niğde İli Sürü Yönetim Personeli Kurs Programında Yer Alan Çiftçilerin Koyun Yetiştirme Faaliyetleri Üzerine Bir Araştırma, *Tarım, Gıda,* Çevre *ve Hayvan Bilimleri Dergis*, 2 (1), 44-60.

Gökalp, G. (2016). Apache Kafka'ya Giriş [online], https://www.gokhan-gokalp.com/apache-kafka-nedir/ [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2023].

İşcan, A. (2013). MySQL nedir? [online], https://www.ahmetiscan.web.tr/mysql-nedir-nerelerde-kullanilir-ozellikleri-nelerdir/ [Ziyaret Tarihi: 3 Şubat 2023].

Karakuş, K., Çelikyürek**,** H., Taş, A., Aygün, T., Bayraktar, M., Tarıq, M. M. (2019). Herd Management and Manager in Turkey Livestock. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 9 (2), 99-103.

Kaya, E., Örs, A. (2015). Süt Çiftliklerinde Hassas Tarım Teknolojileri, Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu Konya İl Koordinatörlüğü, Konya.

Kwong, K.H., Wu, T.T., Goh, H.G., Sasloglou, K., Stephen, B., Glover, I., Shen, C., Du, W., Michie, C., Andonovic, I. (2011). Implementation Of Herd Management Systems With Wireless Sensor Networks. *IET Wireless Sensor Systems*, DOI: 10.1049/iet-wss.2010.0057.

Özbeyaz, C., Özbostancı, S. (2020). İneklerde Beden Dili ve Sürü Yönetimi, *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 9 (2), 148-161.

Şahinli**,** M. (2014). Koyunculuk Sürü Yönetimi: Karaman İli Örneği, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, vol. 29, no. 2, pp. 113-120. doi:10.7161/anajas.2014.29.2.113-120.

Taşkın, T., Koşum N., Engindeniz S., Savran A., Aktürk D., Kesenkaş H., Uzmay A., Gökmen M. (2017). İzmir, Çanakkale ve Balıkesir İlleri Keçi

İşletmelerinde Sürü Yönetim Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma, *Ege* Üniversitesi *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (3), 341-349.

Tatar, Y.E., Esenbuğa N. (2022). İzmir İli Ödemiş İlçesi Sığırcılık İşletmelerinin Sürü Yönetim Tekniklerinin İncelenmesi, Palandöken, *Journal of Animal Sciences Technology and Economics*, 1 (1), 16-23.

Tömek, B. (2007). An Evaluation On Modern Technology Applications Used in Dairy Cattle Herd Management. Yüksek Lisans Tezi, *Ege* Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bornova-İzmir.

BÖLÜM V

BİTLİS İLİ ARAZİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Determination of Land and Soil Characteristics of Bitlis Province by Using Geographic Information Systems (GIS)

Çağrı MERCAN

(Dr. Öğr. Üyesi), Mardin Artuklu Üniversitesi,
Savur Meslek Yüksekokulu, Harita ve
Kadastro Programı, Mardin, Türkiye
e-posta: cagrimercan@artuklu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1694-0024

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, kuraklık, hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme, ormansızlaşma ve çevre kirliliği gibi birçok sebep gelecek nesillerin sağlıklı gıdayı üretebilmeleri için gerekli fiziksel koşulları tehdit etmektedir (Eryılmaz ve Demirarslan, 2018; Turan, 2018; Mercan, 2020). Bu olguların bertaraf edilmesi küresel ölçekte bir iş birliğini gerektirirken, yapılan çalışmalar olumsuz durumların gelecek yıllarda da devam edebileceği doğrultusundadır (Demir, 2009; Kadıoğlu, 2012; Türkeş, 2012). Bundan ötürü gıdanın üretildiği toprak ve arazi kaynaklarının mevcut durumlarının belirlenmesi ve daha verimli kullanılması zorunludur. Bu amaçla toprak etütleri ve arazinin fiziksel özelliklerinin niteliksel ve niceliksel olarak saptanması, ileriye yönelik yapılacak olan planlamalar ve çalışmalar açısından oldukça önemlidir (Özyazıcı ve ark., 2014).

Topraksu Genel Müdürlüğü, Türkiye'deki toprakların özelliklerinin saptanması için 1950'li yıllarda çalışmaya başlamış ve 1966-1967 yıllarında ilk toprak haritaları oluşturulmaya başlanmıştır (Canpolat, 1981). Yapılan

çalışmalar 1/100000 ölçekli haritalar ve bunların raporları şeklinde yayınlanmıştır (Anonim, 1975; 1996). Bu raporlar ve haritalar Bitlis ili için oluşturulan yegane veri kaynağıdır. Yapılan haritaların içerisinde toprağın türü, derinliği, taşlık-kayalık durumu, arazi kullanımı kabiliyeti, erozyon bilgileri gibi birçok veri bulunmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) tarım alanlarında kullanılmasıyla birlikte bu veriler daha fazla önem kazanmıştır. CBS sistemleri ile birlikte arazinin özellikleri ve temel yapısı ile ilgili sağlıklı bir envanter oluşturulabilmektedir ve bu durum ileriye yönelik yapılacak olan planlamalar için yol gösterici olmaktadır (Karaca ve ark., 2019).

Yapılan bu çalışma ile Alaska Satellite Facility (ASF DAAC) tarafından sağlanan yüksek çözünürlükteki topografik veriler ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen toprak haritaları, CBS ortamında sayısallaştırılmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen tüm verilerin ışığında Bitlis ilinin temel düzeyde arazi ve toprak özelliklerinin ortaya konulması ve ileriye yönelik bölge için yapılacak çalışmalara ve planlamalara katkı sunması amaçlanmıştır.

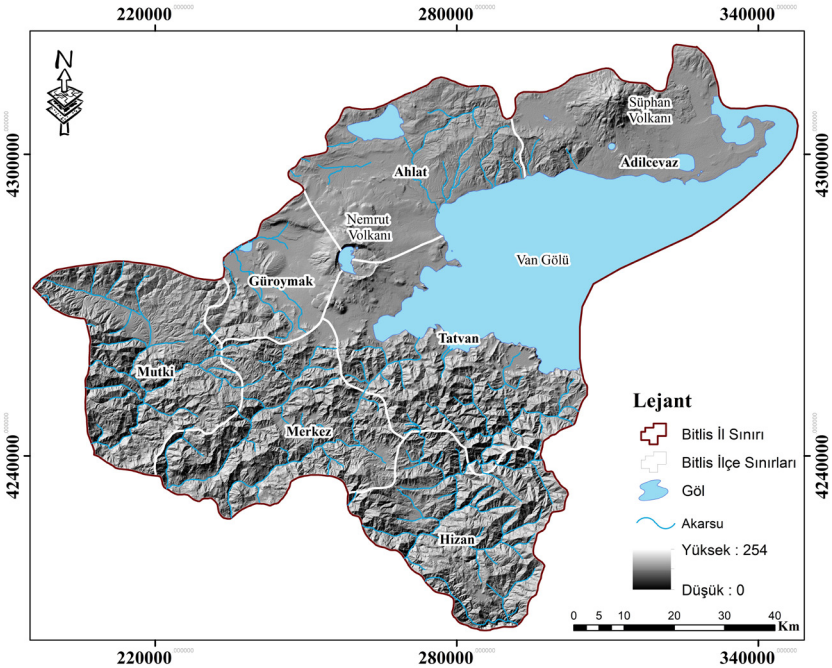
2. MATERYAL ve YÖNTEM

Yapılan bu çalışma, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan toprak haritalarında yer alan veriler ve Bitlis'e ait sayısal topografik verilerden üretilen bir dizi analiz sonucunu içermektedir.

Çalışma alanının arazi ve toprak özelliklerinin ortaya konulabilmesi amacıyla, öncelikle Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen Bitlis il ve ilçelerinin sınır verileri sayısal olarak indirilmiştir (Anonim, 2022). Arazinin üç boyutlu görünebilmesi ve yapılan çalışmanın daha anlaşılır olabilmesi için arazinin 12.5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli, Alaska Satellite Facility (ASF DAAC) tarafından ücretsiz olarak sunulan, ALOS PALSAR veri setinden oluşturulmuştur (Anonim 2022a). Bitlis ili için kullanılan toprak verileri ise Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen haritalardan temin edilmiştir (Anonim, 1975; 1996). Yapılan çalışma ArcGIS 10.8 programı kullanılarak tüm verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında sayısallaştırılıp, bir veri tabanına kaydedilmesi ile haritaların ve analiz sonuçlarının sunulması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada kullanılan sayısal verilerin tamamında (sınır verileri, sayısal yükseklik verileri, toprak verileri gibi) öncelikle uygun datum/projeksiyon tanımlaması yapılmıştır (UTM European Datum-1950, Zone: 38). Sayısal yükseklik verilerinden, yükseklik, kabartı, eğim ve bakı haritaları oluşturulmuştur. Üretilen tüm haritalar CBS ortamında bir veri tabanına

kaydedilmiştir. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen haritalarda gerekli sayısallaştırma işlemlerinin yapılmasından sonra, toprak grupları, erozyon, arazi kullanım kabiliyeti, toprak derinliği, arazi kullanımı gibi farklı tematik haritalar üretilmiştir. Yapılan haritaların daha iyi anlaşılabilmesi için kabartı haritası (Şekil 1) tüm haritalar ile çakıştırılmış ve böylece üç boyutlu haritalar elde edilmiştir. Elde edilen tüm tematik haritalardaki birimlerin arazi üzerinde kapladıkları alanlar ve oranlar hesaplanarak yorumlanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken göl alanları tüm bu hesaplamalara dahil edilmemiştir.

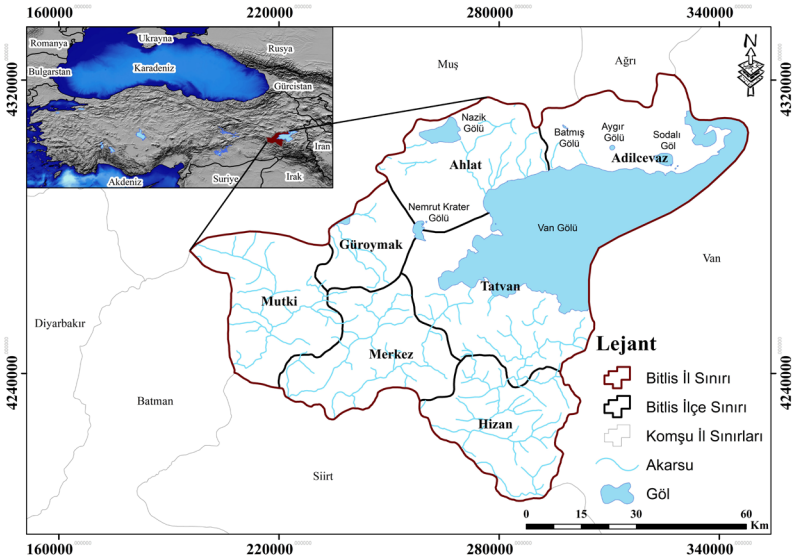


Şekil 1. Bitlis İli Kabartı Haritası

2.1. Çalışma Alanı

Bitlis ili Doğu Anadolu bölgesinde, Yukarı Murat-Van bölümü ile, Yukarı Fırat bölümü içerisinde yer almaktadır. Bitlis ilinin doğusunda Van, kuzeyinde Muş ve Ağrı, batısında Batman, güneyinde ise Siirt ili bulunmaktadır (Şekil 2). Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen (Anonim, 2022) mülki idare sınır verilerine göre Bitlis ili göl alanları ile birlikte 8298 km^2 alan kaplamaktadır. Bitlis ilinin ilçeleri, Güroymak, Hizan, Merkez, Mutki, Ahlat, Adilcevaz ve Tatvan'dır. İlin nüfusu 2020 yılı için 350994'dür (Anonim, 2022b). Bitlis'in en kalabalık ilçesi Tatvan (94697) iken nüfusun en düşük olduğu ilçe Adilcevaz'dır

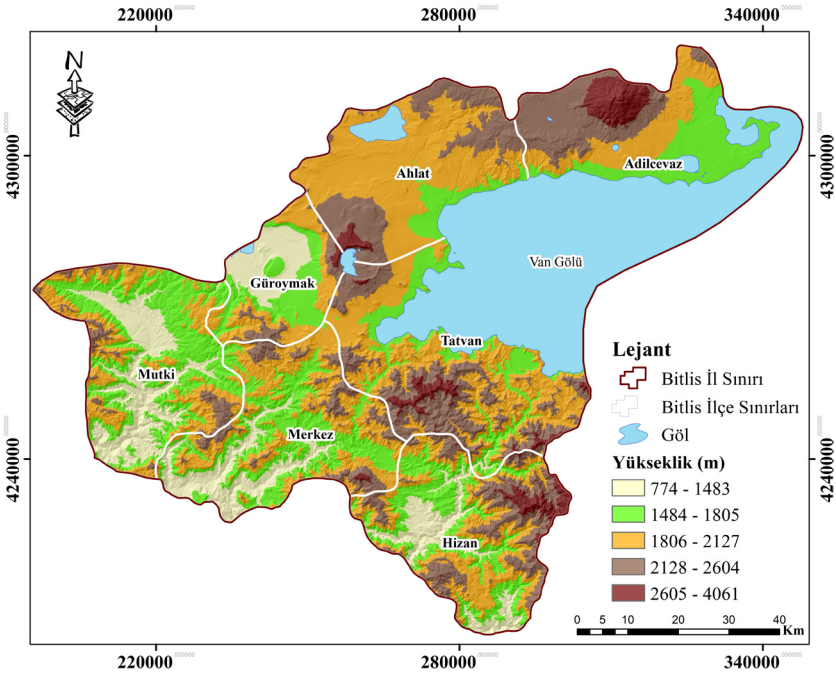
(30530). Bitlis ilinde 2020 yılı için üretilen tahıl ve diğer bitkisel ürün miktarı, toplam 1098396 tondur. Üretimin en yoğun gözlendiği ilçe Adilcevaz (3343004 ton) iken en düşük olduğu ilçe Hizan (38323 ton)'dır. 2020 yılı için üretilen sebze miktarı ise toplam 178564 tondur. Bu üretimin en yüksek olduğu ilçe Adilcevaz (23760 ton) iken en düşük olduğu ilçe Mutki (1379 ton)'dir (Anonim, 2022b).



Şekil 2. Bitlis İli Yer Bulduru Haritası

Bitlis ilinin topografik durumu, Arap plakasının, Anadolu plakasını tektonik olarak sıkıştırması neticesinde, oldukça dağlık bir yapıdadır. Bu sıkıştırma sonucunda meydana gelen çarpışma, Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca meydana gelmiştir ve bundan ötürü yüksek, sarp bir morfolojiye sahip dağ kuşakları yükselmiş ve sığ denizel ortam molas havzaları oluşmuştur. Çarpışmanın neticesinde şekillenen Bitlis Masifi, başlıca metamorfik kayaç dilimleri, ofiyolitik melanjlar, granitoyitler ve örtü sedimanter kayaçlar ve yer yer de masifi keserek çıkan volkanik birimlerden oluşmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Göncüoğlu, 2019). Bölgede gözlenen pliyo-kuvaterner yaşlı Süphan ve Nemrut volkanları (Şekil 1) bu volkanizmanın güncel örnekleridir (Özdemir ve ark, 2006; Özdemir ve Güleç, 2014). Bitlis ilinin %9.67'si 774-1482 m, %41.28'i 1482-1805 m, %29.33'ü 1805-2127 m, %16.75'i 2217-2604 m ve %2.97'si 2604-4061 m arasında değişen topografik yükseklik değerlerine sahiptir (Şekil 3). İlin en yüksek noktası Süphan dağının zirvesidir. Hasun Dağı (3453 m), Ziyaret Tepe (3003 m), Vankin Dağı (2925 m) ve Nemrut Dağı (2801

m) ilin önemli yüksek alanlarındandır. Ahlat Ovası ve Adilcevaz-Gülistan Ovası ise Bitlis ilinin önemli düz alanları arasındadır.



Şekil 3. Bitlis İli Yükseklik Haritası

Köppen-Geiger iklim sınıflandırma haritasına göre Bitlis ili kışları şiddetli, yazları kurak ve sıcak-çok sıcak geçen iklim tipi ile kışları ılık, yazları çok sıcak ve kurak geçen iklimlerin bulunduğu bir bölgede yer almaktadır (Kottek ve ark., 2006). Bölge genel olarak karasal iklim şartlarına sahiptir ve kış aylarında kalıcı kar örtüleri bulunabilmektedir. Bitlis ilinin uzun yıllar (1959-2020) iklim verilerine göre; yıllık ortalama sıcaklık değerleri 9°C, ortalama en yüksek sıcaklık değeri 14°C ve en düşük sıcaklık ortalaması ise 3.9°C'dir. Aynı dönem için belirlenen en düşük sıcaklık -24.1°C, en yüksek sıcaklık ise 34.3°C'dir. Ölçülen en yüksek kar kalınlığı 250 cm'dir (Anonim, 2022c).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

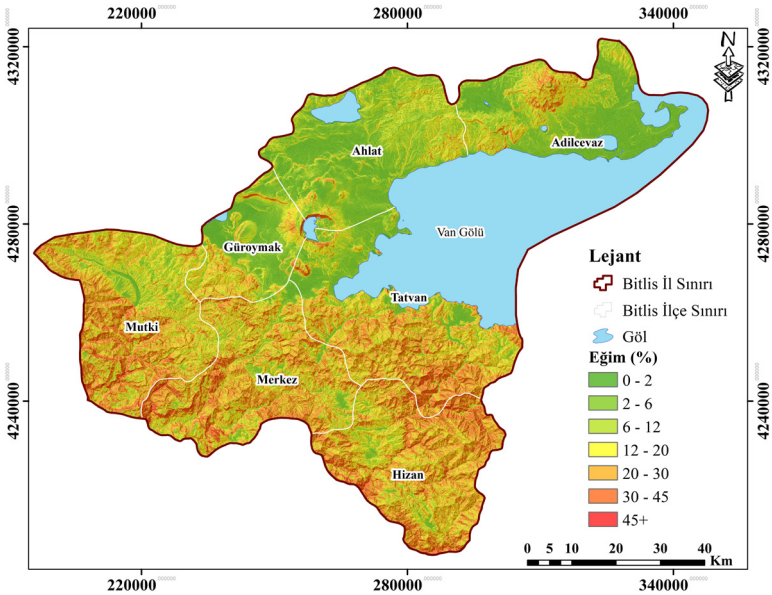
4.1. Bitlis İlinin Arazi Özellikleri

Herhangi bir bölgedeki arazinin eğimi, toprakta meydana gelen erozyon, atmosferik suların akışı ve oluşan toprakların çeşitliliği gibi birçok faktörü etkileyebilmektedir (Mercan ve Arpağ., 2020). Bitlis ilinin eğim özellikleri

incelendiğinde arazinin toplam %23.44'ü %6'dan düşük eğim değerlerine sahipken, %63.72'si %6-30 arasında değişen eğim değerlerine sahiptir. Arazinin %12.84'ü ise %30'dan daha yüksek eğim değerlerine sahiptir (Tablo 1). Mutki, Merkez ve Hizan ilçeleri ile Tatvan'ın güney bölümleri eğim değerlerinin oldukça yüksek olduğu bölgelerdir. Bu alanlar Bitlis-Zagros dağ kuşağının engebeli yerlerdir ve buralarda görülen tektonik aktiviteler bölgenin oldukça eğimli bir topografyaya dönüşmesini sağlamıştır. Adilcevaz, Ahlat, Güroymak ve Tatvan'ın kuzey bölgelerinde ise eğim değerlerinin nispeten daha düşük olduğu görülmektedir. Bu bölgelerdeki Nemrut ve Süphan volkanlarının bulunduğu alanlarda yüksek eğim değerleri göze çarpmaktadır (Şekil 4).

Tablo 1. Bitlis İli Eğim Sınıfları

Eğim (%)	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
0-2	316.839	4.81
2-6	1225.608	18.62
6-12	1125.191	17.10
12-20	1447.621	21.99
20-30	1620.788	24.63
30-45	800.212	12.16
45+	45.455	0.69
Toplam	**6581.714**	**100**

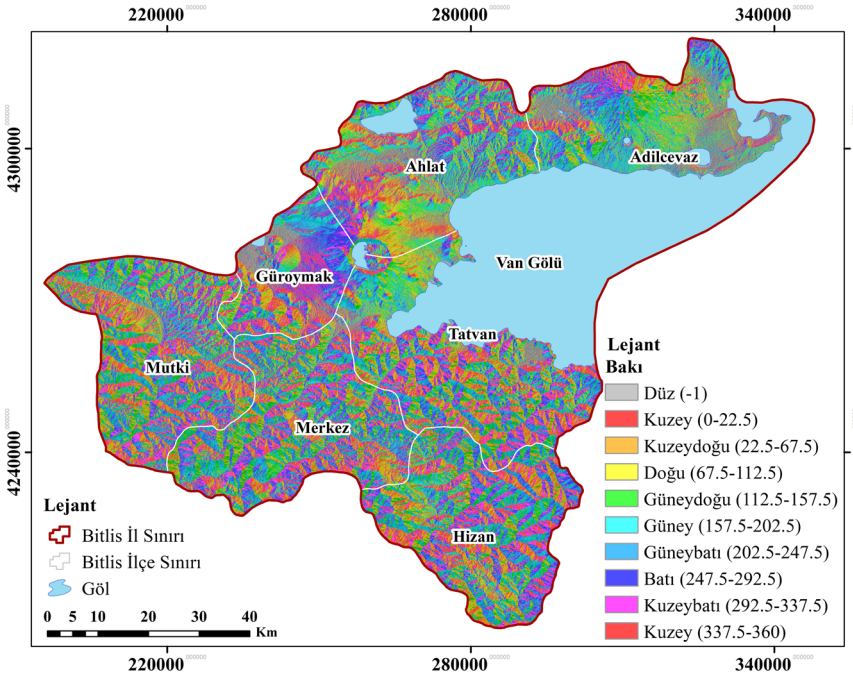


Şekil 4. Bitlis İli Eğim Haritası

Bakı, sayısal yükseklik verilerindeki her hücre için kuzeye göre hesaplanan yön değerlerini belirtmektedir (Özyazıcı ve ark., 2014). Bitlis ilinin bakı haritası incelendiği zaman güneye bakan (güney, güneydoğu, güneybatı) yamaçların, ilin %32.46'lık bir kesimini, kuzeye bakan (kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı) yamaçların ise %39.22'lik bir kısımı kapladığı görülmektedir (Tablo 2, Şekil 5).

Tablo 2. Bitlis İli Bakı Sınıfları

Bakı	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
Düz	518.096	7.87
Kuzey (0-22.5)	682.617	10.37
Kuzeydoğu (22.5-67.5)	658.708	10.01
Doğu (67.5-112.5)	692.802	10.53
Güneydoğu (112.5-157.5)	668.755	10.16
Güney (157.5-202.5)	763.000	11.59
Güneybatı (202.5-247.5)	704.716	10.71
Batı (247.5-292.5)	653.158	9.92
Kuzeybatı (292.5-337.5)	639.420	9.72
Kuzey (292.5-337.5)	600.442	9.12
Toplam	**6581.714**	**100.00**

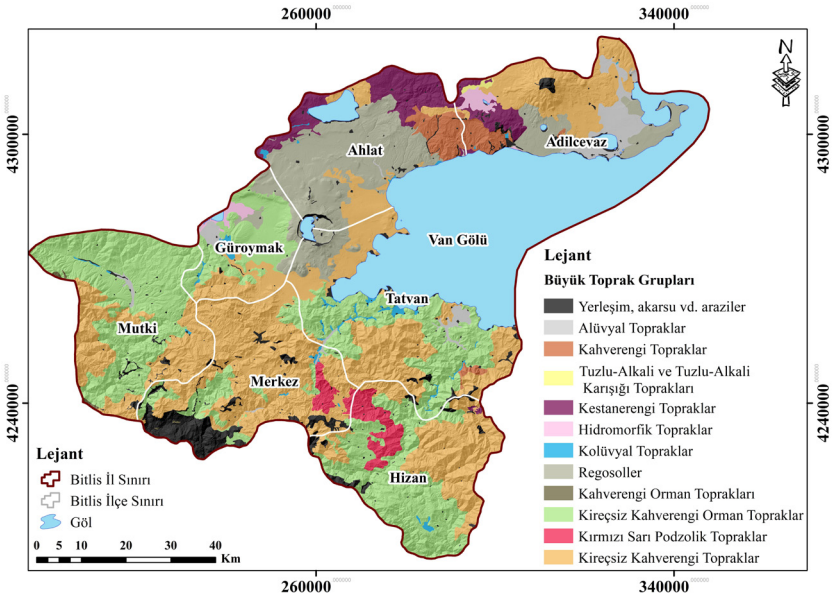


Şekil 5. Bitlis İli Bakı Haritası

Bitlis ili için alansal olarak %37.5 değeriyle kireçsiz kahverengi topraklar en geniş toprak grubunu oluşturmaktadır (Tablo 3). Bu toprak grubu daha çok merkez ilçesinde bulunsa da Hizan, Adilcevaz, Tatvan ve Mutki ilçelerinde de geniş yayılımlar göstermektedir. İnceleme alanının %31'lik kesimini kireçsiz kahverengi orman toprakları oluşturmaktadır. Bu toprak türü yüksekliğin ve eğim değerlerinin yüksek olduğu güney bölgelerde oldukça yaygındır. Bitlis ilinin üçüncü büyük toprak grubunu ise %13.38'lik oranla regosoller oluşturmaktadır. Bu toprak grubu özellikle Ahlat ve daha az oranlarda ise Adilcevaz ilçesinde görülmektedir. Nemrut ve Süphan volkanlarının eteklerinde bu toprak türü yaygındır. Tarımsal açıdan verimli alüvyal topraklar ise %2.78'lik bir orana sahiptir ve daha çok Adilcevaz ilçesinde görülmektedir (Şekil 6).

Tablo 3. Bitlis İli Büyük Toprak Grupları Sınıfları

Büyük Toprak Grupları	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
Yerleşim, Akarsu, vd.	323.814	4.92
Alüvüyal Topraklar	182.747	2.78
Kahverengi Topraklar	163.199	2.48
Tuzlu-Alkali ve Tuzlu-Alkali Karışık Top.	7.916	0.12
Kestane rengi Topraklar	265.955	4.04
Hidromorfik Topraklar	51.146	0.78
Kolüvyal Topraklar	53.591	0.81
Regosoller	880.672	13.38
Kahverengi Orman Toprakları	6.863	0.10
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	2040.135	31.00
Kırmızı Sarı Podzolik Topraklar	137.706	2.09
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	2467.970	37.50
Toplam	**6581.714**	**100**

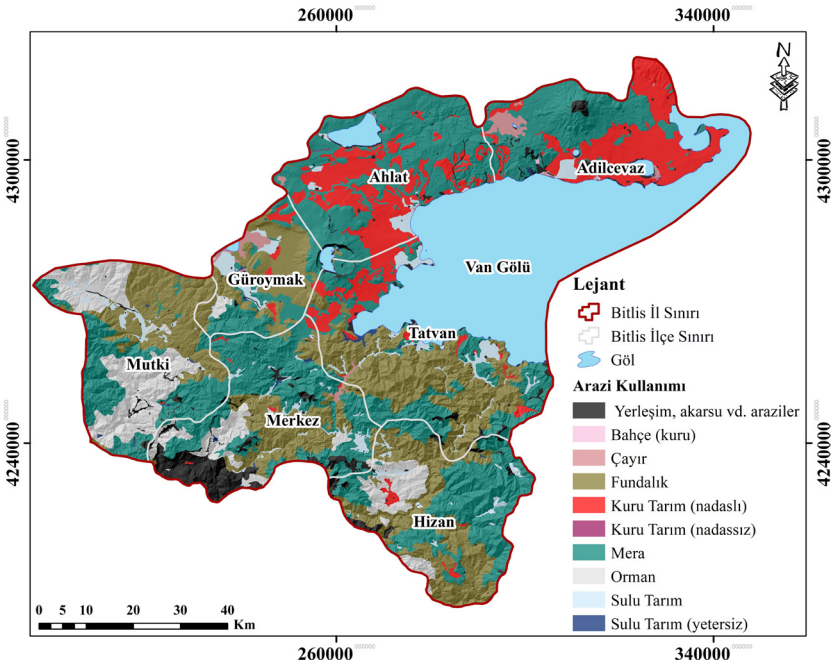


Şekil 6. Bitlis İli Büyük Toprak Grupları Haritası

Bitlis ili için oluşturulan arazi kullanım haritası incelendiği zaman haritanın %41.03'ünün mera olduğu görülmektedir. İkinci sırada ise %26.60 oranı ile fundalık alanlar gelmektedir (Tablo 4). Fundalık alanlar özellikle Tatvan ilçesinde yoğun olarak gözlenmektedir. Arazi sınıflarında büyüklük olarak üçüncü sırada ise %13.01 oranıyla kuru tarım (nadaslı)'nın yapıldığı araziler yer almaktadır. Bu alanlar özellikle Ahlat ve Adilcevaz ilçelerinde yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 7).

Tablo 4. Bitlis İli Arazi Kullanım Sınıfları

Arazi Kullanımı	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
Yerleşim, Akarsu vd.	323.804	4.92
Bahçe (Kuru)	2.377	0.04
Çayır	68.214	1.04
Fundalık	1750.540	26.60
Kuru Tarım (Nadaslı)	856.420	13.01
Kuru Tarım (Nadassız)	1.644	0.02
Mera	2700.721	41.03
Orman	611.640	9.29
Sulu Tarım	245.214	3.73
Sulu Tarım (Yetersiz)	21.140	0.32
Toplam	**6581.714**	**100**

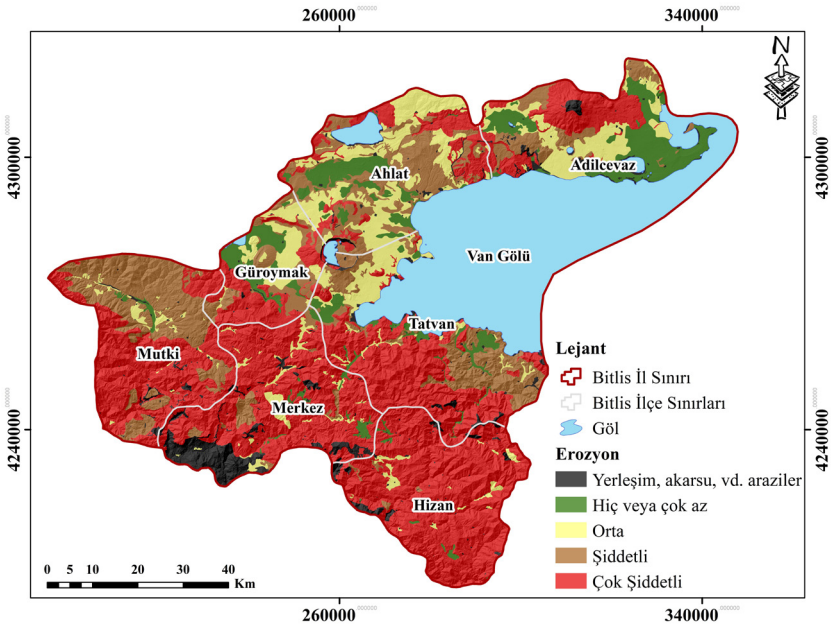


Şekil 7. Bitlis İli Arazi Kullanım Haritası

Erozyon toprağın dış etkenlere bağlı olarak aşınıp farklı alanlara taşınma sürecidir ve tarımsal üretimin devamı için risk oluşturan faktörlerdendir. Bitlis ili erozyon haritası incelendiğinde bölgenin oldukça şiddetli erozyona maruz kaldığı görülmektedir (Şekil 8). Erozyon daha çok arazinin eğim değerlerinin yüksek olduğu, güney bölgelerdeki dağlık alanlarda yoğunlaşmıştır. İlin %51.65'inde çok şiddetli, %20.96'sında ise şiddetli erozyon görülmektedir. Erozyonun olmadığı veya çok az olduğu alanlar ise %9.05 oranı ile daha çok Adilcevaz ve Ahlat ilçelerindir (Tablo 5).

Tablo 5. Bitlis İli Erozyon Sınıfları

Erozyon	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
Yerleşim, Akarsu vd.	322.797	4.90
Hiç veya çok az	595.528	9.05
Orta	884.638	13.44
Şiddetli	1379.415	20.96
Çok Şiddetli	3399.336	51.65
Toplam	**6581.714**	**100**

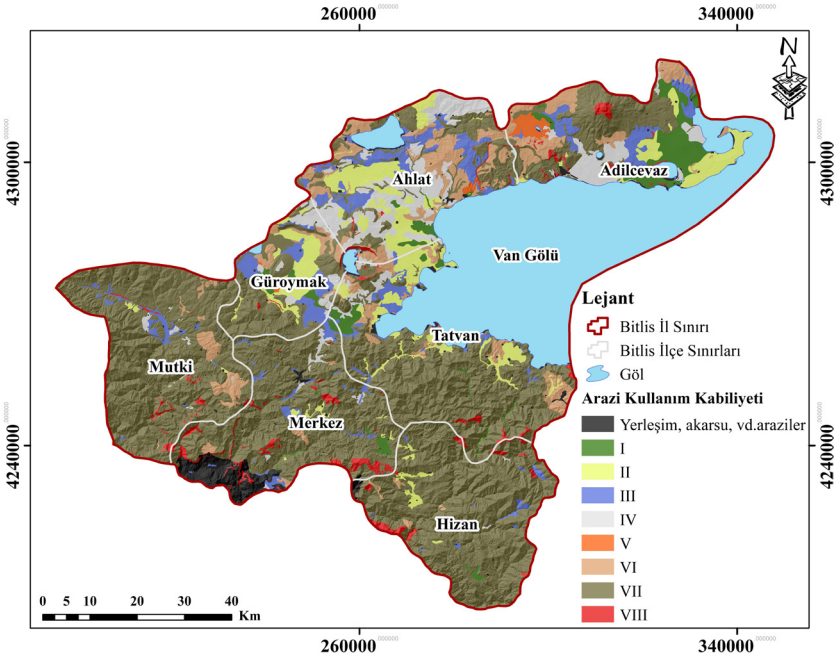


Şekil 8. Bitlis İli Erozyon Haritası

Bitlis ili için oluşturulan arazi kullanım kabiliyeti haritaları incelendiğinde genel olarak tarıma elverişli olan I, II, III ve IV. sınıf arazilerin, Bitlis-Zagros dağlık alanlarının kuzeyinde (Adilcevaz, Ahlat, Tatvan (kuzey kesimi) ve Güroymak (kuzey kesimi)), daha çok düşük eğim ve nispeten daha düşük erozyonun görüldüğü arazilerde yayılım göstermektedir (Şekil 9). Bu alanların diğer kısımlara göre nispeten tarıma daha elverişli olduğu söylenebilir. Bitlis ili için arazi kullanım kabiliyeti sınıflarından en baskın olanı %62.94 ile VII. sınıf arazilerdir (Tablo 6) ve bu araziler Hizan, Merkez, Mutki, Tatvan (güney kesimi) ve Güroymak (güney kesimi) ilçelerinde oldukça baskındır. Tarımsal açıdan en verimli kabul edilen I. sınıf araziler ise %3.33 oranı ile yoğun olarak Adilcevaz ilçesinde bulunmaktadır.

Tablo 6. Bitlis İli Arazi Kullanım Kabiliyeti Sınıfları

Arazi Kullanım Kabiliyeti	Alan (km^2)	Oran (%)
Yerleşim, Akarsu vd. araziler	179.642	2.73
I	219.403	3.33
II	497.551	7.56
III	397.829	6.04
IV	438.732	6.67
V	41.393	0.63
VI	520.444	7.91
VII	4142.612	62.94
VIII	144.108	2.19
Toplam	**6581.714**	**100**



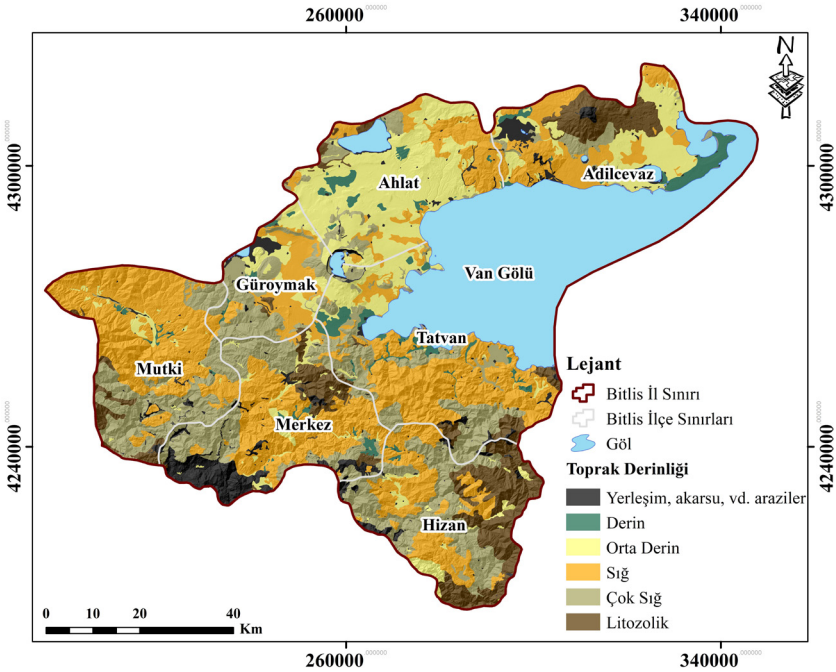
Şekil 9. Bitlis İli Arazi Kullanım Kabiliyeti Haritası

Bitkilerin gelişmesinde içinde bulundukları toprağın derinliği oldukça önemlidir. Bitlis ili için toprak derinliği verileri incelendiği zaman ilin %38.27 oranında sığ derinlikte (0-20cm) topraklara sahip olduğu görülmektedir ve bu alanlar ha çok ilin güney kesimlerinde görülmektedir (Tablo 7). Toprağın derin-orta derin (90-50cm) olduğu alanlar ise %18.31'lik bir oranda ve çoğunlukla Adilcevaz ve Ahlat ilçelerinde görülmektedir (Şekil 10). Bitlis ili için eğim

değerlerinin arttığı, erozyonun yüksek olduğu güney bölgelerde (Hizan, Merkez, Mutki, Tatvan (güney kesimi) ve Güroymak (güney kesimi)) ise daha sığ toprak derinliği görülmektedir.

Tablo 7. Bitlis İli Toprak Derinliği Sınıfları

Toprak Derinliği	**Alan (km^2)**	**Oran (%)**
Yerleşim, Akarsu vd.	359.132	5.46
Derin (90+ cm)	216.702	3.29
Orta Derin (90-50 cm)	1205.062	18.31
Sığ (50-20 cm)	2519.092	38.27
Çok Sığ (20-0 cm)	1589.490	24.15
Litozolik	692.236	10.52
Toplam	**6581.714**	**100**



Şekil 10. Bitlis İli Toprak Derinliği Haritası

5. SONUÇ

Bir toplumun ekonomik olarak gelişmesi, o toplumun içinde yaşadığı coğrafyayı niteliksel ve niceliksel olarak tanıması ve onu en doğru şekilde kullanabilmesi ile mümkündür. Bu amaç gözetilerek yapılan bu çalışmada

Bitlis ilinin arazi ve toprak yapısı CBS ile analiz edilmiştir. Arazi ve toprak kaynaklarına ait özelliklerin belirlenerek üç boyutlu olarak haritalandırılması ve analiz edilmesi arazi ve havza planlama çalışmalarında, sunduğu nicel verilerile önemli bir kaynak olmaktadır.

Bu çalışma sırasında kullanılan yüksek çözünürlüklü topografik veriler bölgenin daha doğru tanınmasında önem arz etmektedir. Yapılan çalışma neticesinde Bitlis ilinin güney bölgelerinin (Hizan, Merkez, Mutki, Tatvan (güney kesimi)) topografik olarak oldukça engebeli olduğu, kuzey bölgelerinin (Adilcevaz, Ahlat, Güroymak (kuzey kesimi) ve Tatvan (kuzey kesimi)) ise nispeten daha sade yer yüzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Erozyon bölgenin önemli bir problemidir ve Bitlis ilinin büyük çoğunluğunda bu sorun kendini belirgin şekilde göstermektedir. Arazi yapısının oldukça engebeli, eğim değerlerinin yüksek olması bu durumu tetiklemektedir. Gelecek yıllar içerisinde erozyonu önlemek için projelerin yapılarak, çalışmaların başlaması bölge açısından önemlidir. Topografyadaki eğimin yüksek olması, bölgedeki toprakların derinliğini de etkilemektedir. Kuzey bölgelerdeki (Adilcevaz, Ahlat, Güroymak (kuzey kesimi) ve Tatvan (kuzey kesimi)) toprak derinliği, güney alanlara (Hizan, Merkez, Mutki (güney kesimi), Tatvan (güney kesimi)) göre nispeten daha fazladır. Arazi kullanım kabiliyeti açısından da yine kuzey bölgelerde yer alan sahaların I. II. III sınıf arazi sınıfına girdiği ve tarımsal üretim açısından daha önemli olduğu görülmektedir.

Tüm verilerin ışığında, Bitlis ilinin özellikle güney tarafında (Hizan, Merkez, Mutki (güney kesimi), Tatvan (güney kesimi)) yer alan yüksek engebeli alanların (Bitlis-Zagros dağ kuşağı) tarımsal üretim için sınırlı imkanlar sunduğu görülürken, Adilcevaz, Ahlat, Güroymak (kuzey kesimi) ve Tatvan (kuzey kesimi) ilçelerinde ise tarımsal üretim için nispeten daha elverişli şartlar söz konusudur. Bölgenin ekolojik durumu dikkate alınınca, tarımsal açısından sınırlı imkan sunan arazilerde arıcılık gibi hayvansal üretim alanlarının yaygınlaştırılması kırsal kalkınma açısından önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

Anonim, (1975). *Bitlis ili toprak kaynağı envanter raporu.* Köy işleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü, Yayın no:209. Ankara.

Anonim, (1996). Bitlis ili arazi varlığı toprakları,problemleri, arazi sınıfları, arazi kullanma durumu, önemli tarım arazileri. T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Anonim, (2022). *Harita Genel Müdürlüğü.* https://www.harita.gov.tr/urun/turkiye-mulki-idare-sinirlari/232 Erişim tarihi: 02.01.2022

Anonim, (2022a). *ALOS-PALSAR Satellite Facility.* https://search.asf.alaska.edu/#/ Erişim tarihi: 02.01.2022

Anonim, (2022b). *Türkiye İstatistik Kurumu.* https://cip.tuik.gov.tr/ Erişim tarihi: 02.01.2022

Anonim, (2022c). *Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM).* https://www.mgm.gov.tr/ Erişim tarihi: 02.01.2022

Canpolat, O. (1981). *Türkiye topraklarının tarımsal kullanıma uygunluk bakımından incelenmesi*. DSİ, Toprak ve Su Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, Ankara, Türkiye.

Demir, A. (2009) Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik e ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi. 1*(2), 37-54. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000013

Eryılmaz, H., & Demirarslan, K.Ö. (2018). Artan küresel ısınma ve duyarsızlaşan küresel politikalar. *Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, *4*(2), 52-69.

Göncüoğlu M. C. (2019). A Review of the Geology and Geodynamic Evolution of Tectonic Terranes in Turkey. In: Pirajno F., Ünlü T., Dönmez C., Şahin M. (Eds.), *Mineral Resources of Turkey. Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, vol 16. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_2

Kadıoğlu M. (2012). *Türkiye'de iklim değişikliği risk yönetimi*. https://www.undp.org/content/dam/turkey/docs/projectdocuments/EnvSust/UNDP-TR-Iklim_Degisikligi_Risk_Yonetimi.pdf. Erişim tarihi: 05.01.2022).

Karaca, S., Sarğın, B., & Türkmen, F. (2019). Bazı arazi ve toprak niteliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle incelenmesi: Van ili arazi ve toprak özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 6*(2), 199- 205. doi: 10.19159/tutad.542543

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006) World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift. 15* (3), 259-263. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130

Mercan, Ç. (2020). Yer yüzey sıcaklığının termal uzaktan algılama görüntüleri ile araştırılması: Muş ili örneği. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, *2*(2), 42-49.

Mercan, Ç., & Arpağ, S. (2020). Coğrafi Bilgi Sistem Analizleri Kullanılarak Toprak ve Arazi Özelliklerinin Değerlendirilmesi: Türkiye, Mardin

İli Arazisi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, *7*(1), 23-33. https://doi.org/10.19159/tutad.644210

Özdemir, Y., Karaoğlu, Ö., Tolluoğlu, A. Ü., & Güleç, N. (2006). Volcanostratigraphy and petrogenesis of the Nemrut stratovolcano (East Anatolian High Plateau): the most recent post-collisional volcanism in Turkey. *Chemical geology*, 226(3-4), 189-211. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2005.09.020

Özdemir, Y., & Güleç, N. (2014). Geological and geochemical evolution of the Quaternary Süphan Stratovolcano, Eastern Anatolia, Turkey: evidence for the lithosphere–asthenosphere interaction in post-collisional volcanism. *Journal of Petrology*, 55(1), 37-62. https://doi.org/10.1093/petrology/egt060

Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., & İmamoğlu, A. (2014). Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1*(2), 128-137. https://doi.org/10.19159/tutad.67391

Şengör, A. M. C., & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: A plate tectonic approach, *Tectonophysics, 75*(1981), 181–241.

Turan, E. S., (2018). Türkiye'nin İklim Değişikliğine Bağlı Kuraklık Durumu. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4* (1), 63-69. DOI: 10.21324/dacd.357384

Türkeş, M. (2012). Türkiye'de gözlenen ve öngörülen iklim değişikliği, kuraklık ve çölleşme. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi, 4*(2), 1-32.

BÖLÜM VI

CAM İŞLETMESİNDE SÜREÇ İYİLEŞTİRME İÇİN DEĞER AKIŞ HARİTALAMA

Value Stream Mapping for Process Improvement in a Glass Company

İrem DÜZDAR ARGUN[1] & *Büşra BALIKÇIOĞLU[2]*

Tuğçe ÖZDEMİR[3]

[1](Dr.Öğr Üyesi) Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
iremduzdar@duzce.edu.tr
ORCID: 0000-0002-7642-8121

[2](Lisans Öğrencisi) Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye
busra90791@ogr.duzce.edu.tr
ORCID: 0000-0003-4540-3033

[3](Mühendis) Düzce Cam San. Ve Ltd., Ar-Ge Bölümü, 81000, Düzce, Türkiye Düzce ,Türkiye
tugceozdemir@duzcecam.com.tr
ORCID: 0000-0001-9716-4770

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler, artan rekabet, her türlü sektörde faaliyet gösteren firmaları değişmeye, gelişmeye ve sürekli iyileştirme faaliyetlerine zorlamıştır. Bu süreçler firmalar için ciddi yatırımlara sebep olmaktadır.

Gerçekleştirdikleri veya gerçekleştirecekleri tüm faaliyetler içerisinde en temel amaç şudur ki; müşteri memnuniyetini sağlayacak kalitede ürün veya hizmet üretirken bunu en az maliyetle ve en verimli şekilde yapmak (Yurdugül, 2010: 5).

Günümüzde hem üretim hem de hizmet sektöründe faaliyet gösteren firmalar işyerlerinde verimliliği ve tasarrufu sağlamak için çeşitli yaklaşımlar kullanmaktadır. Özellikle üretim sektöründe çok fazla duyulan verimlilik, üretkenlik, kaynakların doğru kullanımı gibi konular, üretim yöntemlerinde ya da üretim süreçlerinde değişimlere sebep olmaktadır (Ermeğan, 2011: 1).

Bu noktada süreç kavramından ve süreç yönetiminden bahsetmek doğru olacaktır. Süreç, belirlenen amaçlar doğrultusundaki faaliyetler serisidir. Süreç yönetimi müşteri memnuniyetini sağlamak ve bununla beraber katma değeri yüksek ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamak için süreci iyi ve en verimli şekilde yönetmektir (Can, 2019: 3).

Süreç içerisinde katma değer yaratmayan faaliyetlerin belirlenmesi, kaynakların daha etkin kullanımı için oldukça önemlidir. Çünkü bu faaliyetler zaman kaybı ve gereksiz maliyete neden olmaktadır. Bu amaçla sürekli iyileştirme faaliyetlerini tüm işletmenin benimsemesi ve çalışmaya destek olması gerekmektedir.

Kalite, müşteri beklentisinin tatmini, süreç performansının iyileştirilmesi amacı ile kullanılan stratejik bir araçtır. Maliyette düşüş yaşanması, verimlilikte ve kalitede artış olması için en etkili yöntemlerin süreç iyileştirme çalışmaları olduğunu unutmamak gerekmektedir. Rekabet için kaliteyi göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Teymur, 2009: 34).

Katma değer yaratmayan, süreci yavaşlatan, kalitede problemlerle karşılaşmamıza sebep olan faaliyetleri görmemize yardımcı olabilecek yöntemlerden biri Değer Akışı Haritalama'dır. Değer Akışı Haritalama bir Yalın Üretim tekniğidir. Sürecin bir bütün olarak görülmesini sağlamaktadır (Yalçınkaya, 2018: 49).

Değer Akışı Haritalama yöntemi ürün veya hizmet üreten firmalarda akış boyunca olan bütün süreçleri, malzeme ve bilgi akışının sembollerle gösterilmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu sayede sistemin bütünleşik olarak israf kaynakları ve eksikliklerinin daha somut bir şekilde görülmesine olanak vermektedir. Bu da sürecin bütünüyle değerlendirilebilmesi için ideal bir yöntemdir (Yurdugül, 2010: 15).

Üretim süreçlerinin performansı, işletmenin performansını da etkileyen etmenlerdendir. Süreçlerin performanslarının arttırılması amacıyla

gerçekleştirilecek olan süreç iyileştirmeleri, süreç yönetiminin önemli parçalarındandır (Can, 2019: 13).

Bu çalışmada süreç yönetimi ve süreç iyileştirme çalışmalarının, işletmeler açısından önemi vurgulanmaktadır. Süreç incelemesi esnasında iyileştirilmesi gereken noktaların tespit edilmesi zor olabilmektedir. Daha sonra süreç yönetimi ekibi tarafından incelenmek üzere oluşturulan Değer Akış Haritası bu anlamda iyi bir kaynak olmaktadır. Ele alınan kavramların işletmeler açısından önemini uygulama alanında da gösterebilmek için seçilen işletmede süreç iyileştirme uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde süreç iyileştirme çalışmasında kullanılan yöntem açıklanmıştır. İkinci bölümde uygulama aşamaları olan; ürün ailesi seçimi, mevcut durum ve gelecek durum uygulaması anlatılmıştır. Sonuç ve değerlendirme kısmında, yapılan uygulama sonucunda elde edilen sonuçlar ve öneriler yer almaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada sunulan veriler; cam üretimi üzerine faaliyet gösteren Düzce Cam A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Alınan veriler incelenerek uygun yöntemler belirlenmiş ve çalışma bu doğrultuda ilerlemiştir. Çalışma için süreç iyileştirme tekniklerinden yararlanılmıştır. Mevcut ve gelecek durum için Değer Akış Haritalama yöntemi tercih edilmiştir.

Süreç içerisinde inceleme yaparken görsel verilere de ihtiyaç duyulabilmektedir. Süreç incelemesi esnasında iyileştirilmesi gereken noktaların tespit edilmesi zor olabilmektedir. Daha sonra süreç yönetimi ekibi tarafından incelenmek üzere oluşturulan Değer Akış Haritası bu anlamda iyi bir kaynak olmaktadır. Değer Akış Haritalama sayesinde malzeme ve bilgi akışı net bir şekilde görülmektedir (Yurdugül, 2010: 17).

Tek bir ürün ailesi seçilerek, ürün ailesinin tüm üretim süreci incelenmektedir. Kullanılan yöntemler sayesinde sistemde yaşanılan problemleri tespit ederek bu noktalarda iyileştirme uygulamaları üzerinde çalışılmaktadır. Değer Akışı Haritalama üretim sürecinde bir temel oluşturmaktadır (Sarı, 2018: 71).

Değer Akış Haritalama temelde dört adımdan oluşmaktadır:

- Ürün Ailesi Seçimi
- Mevcut Durum Haritası
- Gelecek Durum Haritası
- Değer Akış Planı ve Uygulama

Değer Akış Haritalama tekniğini kullanırken temel ölçütlerin anlamlı olması gerekmektedir. Seçilen ölçütlerin karar vericiler için doğru bilgi sağlayıcı özellikte olması gerekmektedir.

Değer Akış Haritalama (Ermeğan, 2011: 31);

- Üretimde tek bir süreçten daha fazlasını görmeye yardımcı olmaktadır.
- İsraftan fazlasını görmeye yardımcı olmaktadır.
- Bütün katılımcılar için ortak bir dil görevi görmektedir.
- Akışla ilgili kararlar görünür şekilde çizildiği için süreç iyileştirme ekibi üzerinde tartışabilir. Aksi halde, sahada alınan kararlar hatalı olabilmektedir.
- Uygulama planı için bir temel oluşturmaktadır.
- Bilgi ve malzeme akışları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.
- Katma değer yaratmayan adımların tespiti, mesafe, stok seviyesi gibi istenmeyen durumların görülmesine yardımcı olmaktadır.

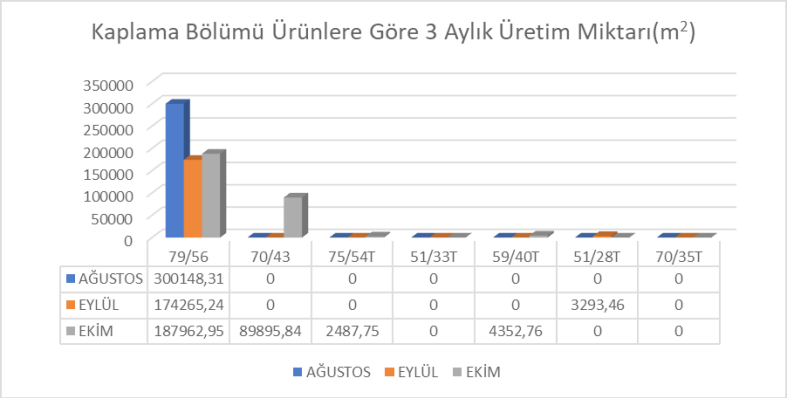
3. Bulgular Ve Tartışma

3.1. Ürün Ailesi Seçimi

Süreç iyileştirme tekniklerinin bazıları Düzce Cam A.Ş. özelinde uygulanarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Ele alınan cam üretim işletmesinde, iyileştirmenin katma değeri yüksek ürünler üzerinde yapılmasına karar verilmiştir. İşletme tarafından tutulan veriler ile kaplama bölümünde üretimi gerçekleşen ürünlerin Ağustos-Eylül-Ekim ayı için üretim miktarları alınmıştır. Alınan verilere göre en fazla üretimin “79/56 Tek Gümüşlü Temperlenmeyen” olduğuna ve mevcut durumun bu ürün ailesi üzerinden incelenmesine karar verilmiştir (Şekil 1) . Ürün ailesi olarak 79/56 seçilmesine rağmen diğer ürün aileleri de aynı hat üzerinde üretildiğinden iyileştirmeler aynı şekilde tüm ürün aileleri için de geçerli olacaktır.

Kaplama bölümü sorumlularından ve sahada çalışan operatörlerden üretim ile ilgili bilgiler alınmıştır. Aynı anda hem değer akış haritasını çizmek hem de iyileştirme çalışmalarını görebilme fırsatı pek mümkün olmayacağından daha sonra üzerinde tartışabilmek için harita ayrıntılarıyla çizilmiştir.

Süreç iyileştirme çalışmaları tespit edildikten sonra gerekli teknikler kullanılarak iyileştirme önerileri üzerinde çalışılmıştır. İyileştirmeler detaylı bir şekilde anlatılarak, müşterinin istediği kalitede ve adette ürün üretimi için gerekli olan süreç, gelecek durum haritasında gösterilmiştir.



Şekil 1: Kaplama Bölümü 3 Aylık Üretim Planı

3.2. Mevcut Durum Analizi

Kaplama bölümü üç vardiya çalışan bir üretim hattıdır. Toplam 6 operatör bulunmaktadır. Tek vardiya 8 saat, 30 dk yemek ve 15 dk çay molası verilmektedir. Hat pazar günü haricinde sipariş olduğu müddetçe çalışmaya devam etmektedir. Kaplama cam bölümünde stok bulundurulmamaktadır. Bunun sebebi kaplama camın uzun süre saklanamıyor olmasıdır. Sipariş geldiği anda "Sevkiyat Bölümü"nden bilgi alan kaplama bölümü DC2 hattından çekilen "Clear Cam" ile kaplama işlemine başlanmaktadır.

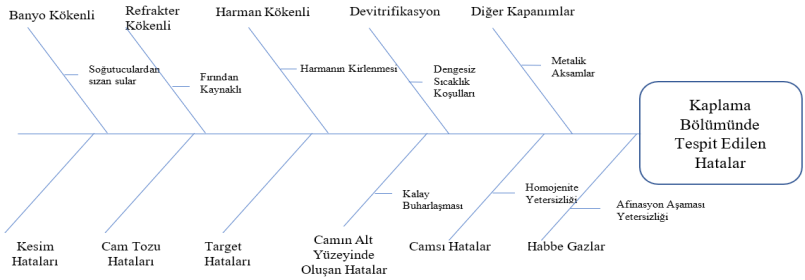
Üretim hattının kendi çevrim süresi bulunmaktadır. Ürün ailesine göre çevrim süreleri değişiklik göstermektedir. 79/56 ürün ailesinde tüm süreçler için çevrim süresi 73 saniye sürmektedir. Yükleme, kaplama ve boşaltma proseslerinde 2'şer adet operatör bulunmaktadır.

Hat tamamen otomasyon şekilde çalışmaktadır. Ürün değişimine göre ayarlar bilgisayar üzerinden yapılmakta olup en fazla 10 sn sürmektedir. Sipariş geldikçe sevkiyattan gelen üretim bilgisine göre DC2 hattından "Clear Cam" çekilerek sipariş kadar üretim yapılmaktadır. Kusurlu ürün raporları uzman kişilerle birlikte incelenilmiştir. Hata nedenleri ve önleyici işlemler üzerine fikir yürütülmüştür. Tablo 1.'de üç aylık kaplama cam üretim ve ıskarta miktarı görülmektedir.

Tablo 1: Üretim ve Iskarta Miktarı

	Ağustos	**Eylül**	**Ekim**
Giren Ürün	300.148,41	178.481,4	285.547,5
Iskarta	1971,92	922,68	848,21

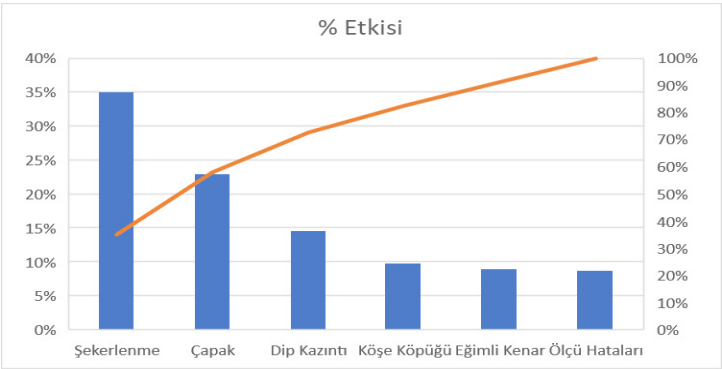
Tablo 1.'de verilmiş olan hata miktarının nedenleri incelenmiştir. Yapılan ürün ve hat incelemeleri sonucunda hataların kökenleri Şekil 2.'de neden-sonuç diyagramında verilmiştir:



Şekil 2: Kaplama Bölümü Hataları Neden-Sonuç Diyagramı

Diyagramda verilen hata nedenleri incelendiğinde, hataların hem kaplama bölümünden hem de DC2 hattından gelen camlardan kaynaklı olduğu görülmüştür. Belirlenen hataların sistemde ne oranda bir hataya sebep olduğunu görebilmek için kaplama bölümü sorumlularından hata oranları alınmıştır.

Kaplama Bölümü'nde tespit edilen hataların oranları Şekil 3.'de Pareto analizinde belirtilmiştir:



Şekil 3: DC2 Hattı Hataları Pareto Yüzde Etkisi

Bu hataların %77'si DC2 hattından gelen camlardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Yani camın üretim aşamasında karşılaşılan problemlerdir. Geriye kalan hatalar ise kaplama bölümünden kaynaklı hatalardır.

DC2 hattından gelen camlarda karşılaşılan hata türleri ve nedenleri incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda hataların neden-sonuç diyagramı Şekil 4.'deki gibidir:

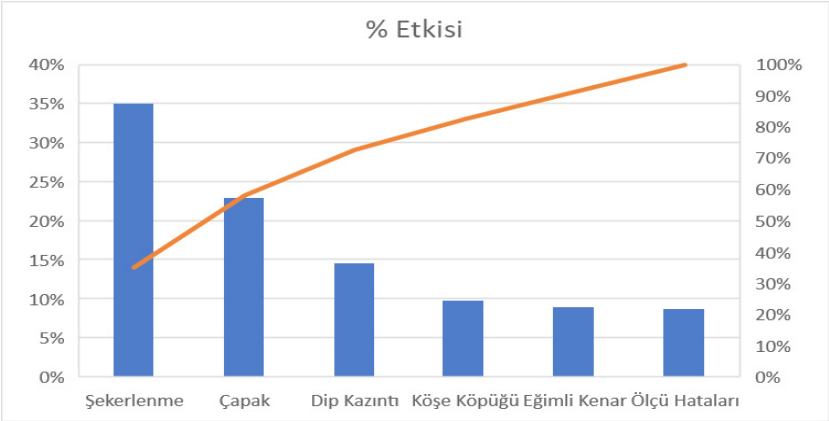
Şekil 4: DC2 Hattı Hataları Neden-Sonuç Diyagramı

DC2 hattından gelen kusurlu ürünlerin nedenleri ve oranları Tablo 2.'de verilmiştir:

Tablo 2. Hatalar ve %'lik Etkileri

Hata No	Hata Adı	Hata Miktarı(m^2)	% Etkisi
1	**Şekerlenme**	1309,98	%35
2	**Çapak**	860,85	%23
3	**Dip Kazıntı**	546,45	%14,6
4	**Köşe Köpüğü**	366,80	%9,8
5	**Eğimli Kenar**	333,11	%8,9
6	**Ölçü Hataları**	325,62	%8,7
	TOPLAM	3742,81	%100

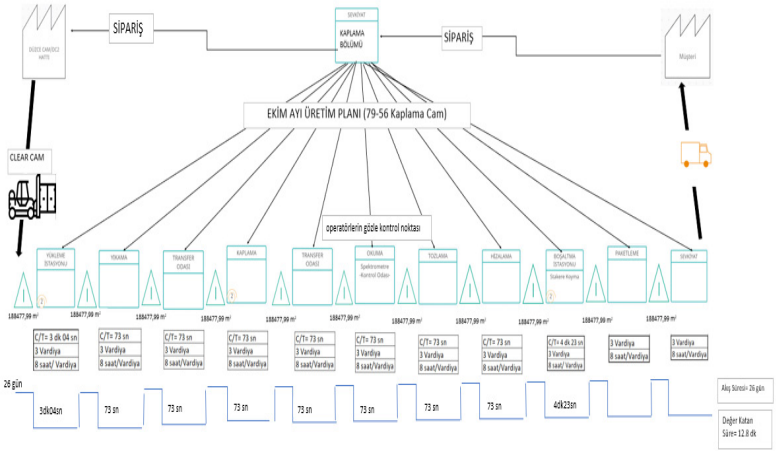
Tabloda verilen % etki oranlarından faydalanılarak Pareto şeması oluşturulmuştur. Pareto şeması Şekil 5.'de verilmiştir:



Şekil 5: Pareto Yüzde Etkisi

Pareto analizi incelendiğinde, iyileştirmelere öncelikle % etkisi daha yüksek olan hata türünden başlanmalı ve sırayla takip edilmelidir. Pareto analizinde ortaya çıkan sonuçlara göre en yüksek % etkiye sahip olan hata "Şekerlenme" hatasıdır. Şekerlenme hatası kesimden kaynaklı olan bir hatadır. Bu hata DC2'den gelen camlardan kaynaklanmaktadır.

Hatalı ürünlerin kaplama bölümünde üretime girmesi önemli enerji maliyetlerine sebep olmaktadır. İşletme katma değer yaratmayan faaliyetlerin maliyetlerini minimuma düşürmeyi hedeflemektedir. Tespit edilen hatalar için önleyici faaliyetler, hat üzerinde iyileştirilmesi gerekli olan durumların daha doğru tespiti için Mevcut Durum Haritası Şekil 6.'da belirtilen şekilde oluşturulmuştur:



Şekil 6: Mevcut Durum Haritası

3.3. Gelecek Durum

Çevrim süreleri üzerinde kısaltma işlemi için operatörler ve bölüm sorumlularıyla görüşülmüştür. Proses süreleri, camın kalitesini etkileyeceğinden, proseslerdeki çevrim sürelerinde herhangi bir değişiklik yapılamamıştır. Prosesler arası taşıma veya yürüme mesafesi yoktur. Tüm prosesler birbiri ardına yerleştirilmiştir.

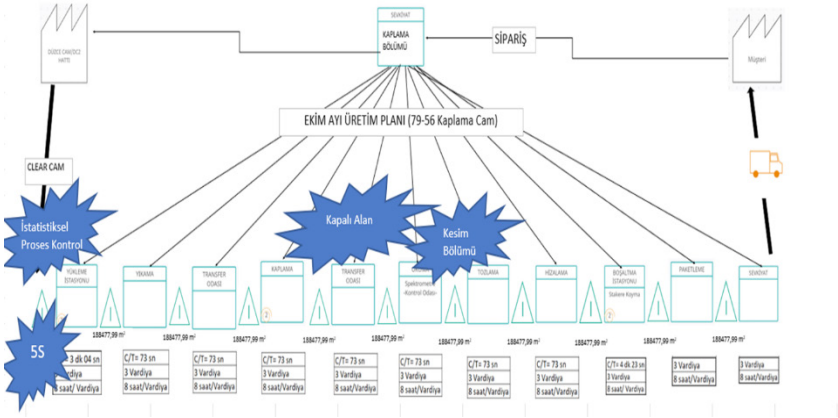
Kaplama bölümü, ana maddesi olan "Clear Cam"ı DC2 hattında çekmektedir. DC2 kesim hattından direkt olarak "Clear Cam" aktarma konveyörü bulunmaktadır. Konveyörler çalışmaya uygundur fakat kesim hattı konveyörleri ile kaplama hattı konveyörlerinin sürücüleri kendi aralarında uyuşmamaktadır. Bu sebeple o konveyör hattı kullanılmamaktadır. Hat üzerinde kullanılmayan bu ekipmanların hattan çıkarılması hareket alanını genişletecektir.

Cam kaplama işlemi tamamlandıktan sonra ölçüm odasına kadar hava ile temas etmektedir. Kaplama bölümü DC2 hattı ile kırık camların beklediği alanın arasında olduğundan dolayı tozlu bir ortama sahiptir. Kaplanan camlar ölçüm odasına kadar tozlu hava ile temas halinde olduğundan kaplama kalitesini etkileyebilir ve ölçüm odasında yapılan ölçümlerde hatalı sonuçlar verebilir. Bunu önlemek için bekleme odasında olduğu gibi konveyör üzerinde kapalı bir alan çalışması yapılması bu sorunu önlemeye yardımcı olabilecektir.

Cam kaplama işlemi devam ederken kaplama malzemesinde (target) yaşanan sorunlardan kaynaklı bazı camlar renk farkından kaynaklı ıskartaya gidiyor. Kaplama bölümüne yapılacak bir kesim bölümü ıskartaya giden cam oranını azaltabileceği düşünülmüştür. Kusurlu clear camların %20'si harmanda tekrar kullanılabiliyorken, kaplamadan ıskartaya çıkan camların yalnızca %3'ü harmana katılabilmektedir. Bu da kullanılamayan kaplama cam hurdası oluşturmaktadır

DC2 hattından gelen bazı camlar kusurlu olup olmadığı kontrol edilmeden kaplama bölümünde işleme sokulabilmektedir. Kusurlu ürünlerin hatta girip işlenmesi zaman ve maliyet açısından büyük bir kayıptır. Kaplama işleminde kullanılan kaplama malzemeleri oldukça pahalı malzemelerdir. Üretime giren hatalı camlar kaplama malzemelerinin de gereksiz kullanımına sebep olmaktadır. DC2 hattı ile kaplama bölümü arasında geliştirilecek olan kalite kontrol sisteminin, hatta kusurlu ürünlerin girmesine engel olması beklenmektedir.

Önerilen iyileştirmeler kapsamında oluşturulan Gelecek Durum Haritası Şekil 7.'de verilmiştir:



Şekil 7: Gelecek Durum Haritası

4. Sonuç ve Değerlendirme

Cam üretim sektöründe faaliyet gösteren bir firmada, ü retim sürecinde iyileştirmeler yapmak üzere "Değer Akışı Haritalama" yöntemi uygulanmıştır. Değer akışı yapılacak ürüne, talep miktarı göz önüne alınarak ve işletme onayıyla karar verilmiştir.

Çalışmada verilen üretim miktarları aslında talebi ifade etmektedir. Talep miktarlarına bakıldığında ilk sırayı "79/56 Tek Gümüşlü Temperlenmeyen" ürün ailesi almıştır. Dolayısıyla Değer Akış Haritalama bu ürünün üretildiği üretim hattında uygulanmıştır.

Çizilen mevcut durum haritasında yapılan incelemeler ve uzman kişilerle yapılan beyin fırtınası sonucunda bazı problemlere rastlanmıştır;

- DC2 hattından gelen kusurlu "Clear Cam"ların kaplama üretim hattına girmesi ve hem maliyet hem de zaman kaybı yaşanması,
- Hatalı üretimlerin müşteri geri dönüşleri,
- Yanlış kaplama sonucunda üretilmiş camların tamamının ıskartaya gitmesi,
- Üretim hattında kullanılmayan ekipmanların bulunması,
- Kaplama bölümü tozlu ortamı yüzünden kaplama camlarının kalitesinin etkilenmesi.

Yukarıda bahsedilen problemler için bir gelecek durum haritası oluşturulmuştur ve öneriler sunulmuştur.

Problemler için sunulan öneriler şu şekildedir;

- Kusurlu ürünlerin üretim hattına girmesini engellemek için bir İstatistiksel Proses Kontrol sistemi oluşturulması önerilmiştir. Bu sistem maliyeti arttırmak yerine maliyeti azaltan bir uygulama olacaktır. Bu çalışmanın maliyete ve işletmeye katkısını TÜREDİ'nin "Kalite Kontrol ve Proses Kontrol Sistemlerinin Cam Sanayiine Uygulanması" çalışmasında da görülmektedir. Eğer kaplama hattının giriş kısmında hatayı önlemek için kalite kontrol sistemi oluşturulursa kaplama hattı üzerinde hata oranı %18,75 azalacak bu sayede maliyette (kaplama hattı üzerinde) %33,54 kadar artış gözlenecektir.
- Targetlerden kaynaklı yaşanan problemleri önleyici hataların yanı sıra, targetlerden kaynaklı üretilen kusurlu camların kullanılabilmesi için sorunlu olan kısım kesilerek camdan ayrılabilir. Bu da kalan camın kullanılabilmesi ıskartaya gitmemesi için bir çözüm olabilir. Yanlış kaplamadan kaynaklı ZAISS makinesinin tespit ettiği %18,4 oranında bir hata mevcuttur. Kesim bölümü eklemenin bu oranı düşüreceği düşünülmektedir.

• Tozdan kaynaklı çizilmeler ve bu sebeple yapılamayan kaplamalar sistemde %5,6'lık bir verimsizliğe sebep olmaktadır. Kaplamadan ölçüm odasına kadar kapalı alan kullanılmasının bu oranı azaltıcı nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Cam sanayi sektörü geniş kapsamlı bir sektördür. Gerçekleştirilmesi düşünülen işlemlerin süreç yapısına uygun olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda süreç yaklaşımının bu sektörde faaliyet gösteren tüm işletmeler açısından önemli olduğu söylenebilir. Sektör içerisinde benzeri çalışmaların olması halinde daha iyi sonuçlar elde edebilecek ve ekonomik kalkınma yolunda da daha iyi getiriler sağlanabilecektir.

Kaynakça

Yurdugül, U. (2010). *Değer akışı haritalandırma yöntemi ve bir uygulama.* (Yüksek Lisan Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Can, V. (2019). *Süreç iyileştirme: Metal sanayi sektöründe bir uygulama.* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

Ermeğan, B. (2011). *Etkili yalın teknikler ve bir montaj hattında uygulama.* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Sedefoğlu, G. (2018). *Verimsiz bir üretim hattının ahp ve değer akışı haritalama ile iyileştirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

İnce, U. (2018). *Tekstil sektöründe değer akışı haritalama uygulaması ve yalın üretim anlayışı.* (Yüksek Lisans Tezi). T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yalçınkaya, A. (2009). *Değer akış haritasını kullanarak üretim düzgünleştirme ve bir uygulama.*(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Teymur, İ. (2009). *İşletmelerde süreçlerin analizi, iyileştirilmesi ve süreçlerle yönetim yapısının kurulması: Karaman'da bir gıda sanayi işletmesinde süreç iyileştirme projesinin sonuçlarının değerlendirilmesi üzerine bir çalışma.* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Yakıt, O. (2010). *Süreç iyileştirmede hata türü etkileri analizi ve bir uygulama.* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

Akın, M. (2022). *Üretim sektöründeki bir firmada değer akış haritalandırma ve oranlarla işgücü verimlilik modeli ile süreç iyileştirme uygulaması.* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Büyükbaş, M.A. (2021). *Süreç analizi ve süreç iyileştirme: Bir imalat firmasında uygulama.* (Yüksek Lisans Tezi). Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat.

Bilgin Sarı, E. (2018, Nisan). *Üretim Hattı Tasarımında Değer Akış Haritalama Tekniğinin Kullanılması.* Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 56.