



BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ BEYKENT UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Beykent Üniversitesi Yayınları, No 159

Cilt/Volume: 13 Sayı/Number: 2 Yıl/Year: 2020 Fall/Güz

ISSN: 1307 - 3818

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN VE MÜHENDİSLİK
BİLİMLERİ DERGİSİ



BEYKENT UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING

Sertifika No:

46286

Beykent Üniversitesi Yayınları , No 159

Cilt/Volume: 13 Sayı Number: 2 Yıl Year: 2020 Fall/Güz



SAHİBİ/PROPRIETOR

Prof. Dr. Murat FERMAN

Beykent Üniversitesi adına / on behalf of Beykent University

GENEL YAYIN YÖNETMENİ / EDITOR IN CHIEF

Doç. Dr. İnanç Işıl YILDIRIM

GENEL YAYIN YÖNETMEN YARDIMCILARI / ASSISTANT EDITORS

Dr. Öğr. Üyesi Esra MUTLU

Dr. Öğr. Üyesi Begüm BAYRAKTAROĞLU

Dr.Öğr. Üyesi Atınç YILMAZ

YAYIN SEKRETERİ / PUBLISHING SECRETARY

Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman Umut TÜYEL

YAYIN KURULU / PUBLISHING BOARD

Prof. Dr. Adnan KAYPMAZ

Prof. Dr. Şeyma AYDINOĞLU

Prof. Dr. Ayşe Uğur TÜTENGİL

Prof. Dr. Kazım SARI

YAYINEVİ MÜDÜRÜ

İlkay ERARSLAN

Her hakkı saklıdır. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayımlanan, hakemli bir dergidir. Yayın dili Türkçe ve İngilizce dir. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nde yayımlanan makalelerdeki görüş ve düşünceler yazarların kişisel düşünceleri olup, hiçbir şekilde Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'nin veya Beykent Üniversitesi'nin görüşlerini ifade etmez. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi'ne gönderilen makaleler iade edilmez.

DANIŞMA KURULU

Prof. Dr. Murat FERMAN (Beykent Üniversitesi Rektörü)

Prof. Dr. Hüseyin CÖMERT (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Tanay Sıdkı UYAR (Beykent Üniversitesi)

Prof. Dr. Şengül ÖYMEN GÜR (Beykent Üniversitesi)



- Prof. Dr. Nihal ARIOĞLU (Beykent Üniversitesi)
- Prof. Dr. Osman PALAMUTÇUOĞULLARI (Beykent Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ayla ANTEL (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)
- Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)
- Prof. Dr. Talha DİNİBÜTÜN (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ataç SOYSAL (Doğuş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ömer OĞUZ (Haliç Üniversitesi)
- Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU (İstanbul Teknik Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ali PINAR (Boğaziçi Üniversitesi)
- Prof. Dr. Argun KOCAMAN (İstanbul Altınbaş Üniversitesi)
- Prof. Dr. Emin DEMİRBAĞ (İstanbul Teknik Üniversitesi)
- Prof. Dr. Gündüz HORASAN (Sakarya Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ayşe Nilay EVCİL (Beykent Üniversitesi)
- Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU (İstanbul Medipol Üniversitesi)
- Prof. Dr. Elif ÖZKARA CANFES (İstanbul Teknik Üniversitesi)
- Prof. Dr. Ümit IŞIKDAĞ (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)
- Doç. Dr. Başar ÖZTAYŞI (İstanbul Teknik Üniversitesi)
- Dr. Öğr. Üyesi Bilge YILDIRIM GÖNÜL (Beykent Üniversitesi)
- Dr. Öğr. Üyesi Sabahattin Kerem AYTULUN (Beykent Üniversitesi)
- Dr. Öğr. Üyesi İhsan KARAGÖZ (Beykent Üniversitesi)
- Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Serdar KAZANCIOĞLU (Beykent Üniversitesi)



İÇİNDEKİLER

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DEPREME BAĞLI HEYELAN TEHLİKE MODELLEMESİ Fatih SÜNBÜL*, Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER**	5 - 14
ON THE EVALUATION OF ONLINE PAYMENT SYSTEMS IN TURKEY BASED ON USERS' PERSPECTIVES Seda SİNEK*, Ediz ŞAYKOL**	15 - 20
YAPAY ZEKANIN CERRAHİ UYGULAMALARA ENTEGRASYONU İlayda ÖLÇER*, Atınc YILMAZ**	21 - 27
KREDİ KARTI DOLANDIRICILIK TESPİTİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ Melike SELİMOĞLU*, Atınc YILMAZ**	28 - 33
BİYO BENZER İLAÇLAR Çağla KÜÇÜK*, Özlem Ateş Duru**, Esra Cansever Mutlu***, Hande Kazak Sarılmışer****	34 - 42
PRELIMINARY OBSERVATIONS AFTER THE 2020 AEGEAN SEA EARTHQUAKE Ziya MÜDERRİSOĞLU*, Hasan ÖZKAYNAK**	43 - 50

SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DEPREME BAĞLI HEYELAN TEHLİKE MODELLEMESİ

Fatih SÜNBÜL*, Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER**

ÖZET

Heyelanlar yerçekimi doğrultusunda toprak, kaya ve organik malzemelerin hareketinden kaynaklı çok karmaşık jeomorfolojik olaylardır. Sayısal modeller, bu jeomorfolojik davranışların ve onların çevre ile etkileşimlerini tahmin etmek etmeye yarayan matematiksel tanımları ifade etmektedir. Sonlu elemanlar yönteminde sayısal model yaklaşımları kullanılarak çok karmaşık fiziksel denklemler basit olarak simüle edilebilmektedir. Bu çalışmada Zonguldak ili, Kozlu İlçesinde heyelan potansiyeli oluşturabilecek bir alanda mevcut yapılar sonlu elemanlar ile modellenerek statik ve dinamik davranışları incelenmiştir. Analizlerde, araziden elde edilen sondaj verileri modelde zemin parametreleri olarak kullanılırken, bölgede yer alan mevcut yapılar temelde taban gerilmesi 50 kPa ve 100 kPa arasında değişen yükler ile temsil edilmiştir. Buna göre şevin kararlı durumunda, model analizde heyelanın akma bölgesinde maksimum yerdeğiştirmeler 28.45 cm olarak elde edilmiştir. Ayrıca, bölgenin depremselliğine uygun olarak seçilen M_w 7.2 Düzce depremi ivme kaydı sayısal modelde kullanılarak, potansiyel heyelan bölgesinin dinamik davranışı incelenmiştir. Dinamik analizlerde, kararlı durum değişerek, çalışma alanında depreme bağlı göçme ve yerdeğiştirme hareketleri elde edilmiştir. Buna göre en büyük düşey ve yatay yerdeğiştirmeler 40-50 cm civarında heyelanın topuk kısmında elde edilmiştir. Deprem anında zayıf zeminin ve ortalama 20° eğimin etkisiyle, zeminde jeomorfolojik deformasyonlar meydana geldiği gözlenmiştir. Tüm analizler değerlendirildiğine, olası bir deprem anında çalışma bölgesinde var olan yerleşim yerlerinde can ve mal kayıplarının yaşanmaması için, bölgede afet tehlikesi azaltma yöntemlerinin uygulanması gerekliliği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar Yöntemi, Heyelan tehlike modelleme, 1999 Mw 7.2 Düzce depremi, Zonguldak ili

*Makalenin Gönderim Tarihi: 21/11/2020, Makalenin Kabul Tarihi: 01/03/2021 Makale Türü: Araştırma
DOI: 10.20854/bujse.829417

*Sorumlu yazar: İzmir Bakırçay Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı, Seyrek Kampüsü, 35665, Menemen, İzmir, fatih.sunbul@bakircay.edu.tr (ORCID ID: 0000-0002-3590-374X)

** İzmir Bakırçay Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı, Seyrek Kampüsü, 35665, Menemen, İzmir, absunbul@beun.edu.tr

EARTHQUAKE-INDUCED LANDSLIDE HAZARD MODELLING BY FINITE ELEMENTS METHOD

Fatih SÜNBÜL*, Ayşe Bengü SÜNBÜL GÜNER**

ABSTRACT

Landslides are very complex geomorphological events caused by the movement of soil, rocks and organic materials in the direction of gravity. Numerical models refer to mathematical definitions for predicting these geomorphological behaviours and their interactions with the environment. In finite element method, very complex physical equations can be simulated simply by using numerical model approaches. In this study, the static and dynamic behaviours of the existing structures in an area that could create a landslide potential in Zonguldak province, Kozlu district were examined by finite elements method. In the analyses, the drilling data obtained from the study area were implemented in the model, while the existing buildings in the area were represented with loads varying between 50 kPa and 100 kPa in the basement. Accordingly, in the stability of slope, the maximum displacements in the creep zone of the landslide were obtained as 28.45 cm in the model analysis. In addition, the dynamic behaviour of the potential landslide region was investigated by using the acceleration record of Mw 7.2 Düzce earthquake, selected in accordance with the seismicity of the region in numerical model. During dynamic phase, the steady state has changed, and the earthquake-related collapse and displacement movements were obtained in the study area. Accordingly, the maximum vertical and horizontal displacements were obtained in the toe of the landslide around 40-50 cm. During the earthquake, it was observed that geomorphological deformations occurred in the ground due to the effect of the soft soil and average slope of 20°. In conclusion, it has been determined that disaster hazard reduction methods should be applied in the region in order to prevent loss of life and property in the settlement area in case of a possible earthquake.

Keywords: *Finite Elements Method, Landslide hazard modelling, 1999 Mw 7.2 Düzce earthquake, Zonguldak province*

*Makalenin Gönderim Tarihi: 21/11/2020, Makalenin Kabul Tarihi: 01/03/2021 Makale Türü: Araştırma
DOI: 10.20854/bujse.829417

*Sorumlu yazar: İzmir Bakırçay Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı, Seyrek Kampüsü, 35665, Menemen, İzmir, fatih.sunbul@bakircay.edu.tr (ORCID ID: 0000-0002-3590-374X)

** İzmir Bakırçay Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Dekanlığı, Seyrek Kampüsü, 35665, Menemen, İzmir, absunbul@beun.edu.tr

1. GİRİŞ

Heyelan yerbilimleri alanında çalışan farklı disiplinlerden (coğrafya, jeoloji, mühendislik vb.) araştırmacılar tarafından, içinde bulunduğu karmaşık doğasından kaynaklı, çeşitli şekillerde değişen tanımlar içermektedir [1]. Heyelan, fiziksel anlamıyla yerçekimi etkisi altında toprak, kaya ve organik malzemelerin eğim yönünde hareketinden kaynaklanan, dakika mertebesinden yıllar mertebesine kadar devam edebilen bir morfolojik süreci tanımlamak için kullanılan genel bir terimdir [2]. Heyelanlar doğal tehlikesi ile ilişkili olarak, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve durgunluk arasında farka neden olan, her yıl can ve mal kayıplarına neden olan karmaşık bir doğa olayıdır [3, 4]. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre son yirmi yıl içerisinde dünyada meydana gelen heyelanlarda toplamda 4.8 milyon insan etkilenmiş ve 18000'den fazla insan hayatını kaybetmiştir [5]. Heyelanlar ayrıca, toprak kayması, kökleşmiş (deep-seated) kaymalar, çamur akması, moloz akması, kaya düşmesi gibi birçok alt çalışma alanlarını da kapsar [6-8]. Bu kütle hareketleri deprem, hızlı kar erimesi, yoğun yağış ile tetiklenebilirler [7]. Elverişli eğimlerde tetiklenme süreleri değerlendirildiğinde, deprem anında veya dakikalar sonra, kar erimesinden saatler veya günler sonra, yoğun yağıştan günler veya haftalar sonra heyelanlar meydana gelebilmektedir [9]. Heyelanlar altı şekilde incelenir; (i) düşme, (ii) devrilme, (iii) kayma, (iv) yanal yayılma, (v) akma ve (vi) karmaşık oluşumlarıdır [10]. Heyelanların meydana gelmesinde geoteknik faktörler ise şu şekilde sıralanabilir; yamaçların kararsız hale gelmesi, efektif gerilme değişimi, malzeme özelliklerinin fiziksel değişimi veya geometrideki değişim. Etkili gerilme değişimi doğrudan dış kuvvetlerin (depremler ve insan etkisi) veya dolaylı olarak yağış etkisiyle malzeme içerisinde oluşan gözenek basıncı değişimleri ile oluşabilir. Son yirmi yılda 1999 Tayvan, 2001 El Salvador, 2005 Pakistan ve 2008 Çin depremleri gibi yıkıcı kütle hareketlerinin akabinde ciddi kayıplar oluşturan heyelanlar meydana gelmiştir [11, 12]. Halbuki, literatürde yer alan birçok araştırmada depremle tetiklenen kütle hareketlerinin etkisinin göreceli olarak az olarak algılanması sonucunda, ilgili kayıplar doğrudan depremin etkisine atfedilmiştir [13]. 13 Ocak ve 13 Şubat 2002'de meydana gelen El Salvador depremlerinden sonra yapılan araştırmalarda deprem tetiklemesiyle oluşan heyelanlarda 1000 kişinin hayatını kaybetmiş olduğu tespit edilmiş, deprem sonunda meydana gelen toplam kayıplarda heyelanların büyük oranda rol aldığı ortaya konmuştur [14, 15]. Dunning vd. [16]'ya göre 2005 Kaşmir (M_w 7.6) Pakistan depreminde tahmin edilen ölüm sayısının %30'u deprem anında meydana gelen

heyelanlardan oluşmaktadır. 2008 Wenchuan (M_w 7.9) Çin depreminde farklı özelliklerde afetler meydana geldiği ve deprem etkisiyle oluşan heyelanlarla birlikte bölgede toplam 20000 insanın yaşamının kaybedtiği belirtilmektedir [17]. Yapılan araştırmalar heyelanların orta ($3.5 < M < 6.5$) ve büyük depremlerle ($M > 6.5$) tetiklenebileceğini göstermektedir [18, 19].

Afet çalışmalarında yerbilimleri araştırmacıları incelemelerini zarar azaltma kavramı üzerinde yoğunlaştırarak, çalışma alanında meydana gelebilecek olası bir afet türü üzerinde sayısal modeller oluşturarak, afetleri simüle edebilmektedirler. Örneğin dik eğimli ve yağış alan bir arazideki yerleşim yerine yakın bir fay hattında meydana gelebilecek deprem, bölge jeolojisine bağlı olarak heyelanlar oluşturabilmektedir. Muhtemel hasar ve kayıplar simülasyon yardımıyla önceden tahmin edilerek, bölgede gerekli afet zarar azaltma yöntemleri uygulanabilmektedir. Dolayısıyla bir çalışma alanında şev stabilitesinin heyelan potansiyelinin değerlendirilmesi o alanda yapılacak detaylı jeolojik ve jeoteknik araştırmalara bağlıdır. Genellikle simülasyonlar, şev stabilitesi sınır elemanları [20], sonlu elemanlar [21], sınır ağları [22], güvenilirlik analizleri [23] veya hibrid yöntemler [24] gibi modellemelerle ortaya konabilmektedir. Bunlardan sonlu elemanlar yöntemi daha açıklayıcı gerilme ve deformasyon bilgisi sağlamaktadır [25, 26]. Sonlu elemanlar yönteminde, non-lineer malzeme davranışı, karmaşık sınır ve yüklenme koşulları altında, şevlerin stabilize analizi, sızma ve gerilme-deformasyon hesaplamaları yanında gerilmeye bağlı gözenek basıncı değişimi araştırmaları da yapılabilmektedir [27]. Ayrıca yöntem vasıtasıyla afet bölgelerinde modeller oluşturularak, afetlerin önceden tahmini, afet önleme ve afet zarar azaltma çalışmalarına envanter oluşturulmaktadır [28].

Bu çalışmada Zonguldak ili Kozlu ilçesinde yer alan bir bölge gerçek zemin parametreleri ile statik ve dinamik yükler altında sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmiştir. Buna göre, çalışma alanında var olan zemin özellikleri ve eğim oranı sayısal modelde yansıtılarak, binaların etkisiyle oluşan yüklenme, model heyelanda tepe, akma bölgesi ve topuk bölgesi için incelenmiştir. Statik ve sismik tehlike haritasına uygun seçilen deprem verisi altında oluşturulan dinamik durumlar için bölgede oluşabilecek deformasyonlar modellenmiş, olası afetin meydana getirebileceği zararlar afet zarar azaltma çerçevesinde değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

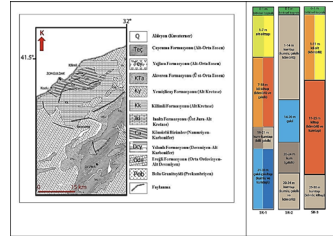
2.1 Çalışma Alanı Klimatolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Klimatolojik olaylar ile kütle hareketleri arasında bir korelasyon vardır. Sıcaklık ve yağış etkisi, bölgede hâkim olan jeolojik yapı ve arazi eğimi gibi etkenler heyelan oluşum süreçlerinde etkili rol oynamaktadırlar [29]. Meteorolojik karakterli afetlerin mevsimsel dağılımları incelendiğinde, heyelanların yağışın fazla olduğu ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde meydana geldiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte bazı heyelanlar yaz aylarında da meydana gelmiştir [30]. Türkiye’de heyelanlar özellikle Karadeniz iklimi görülen yarı nemli, nemli ve çok nemli alanlarda meydana gelmektedir [31]. Çalışma alanı Zonguldak ili Kozlu ilçesinde yer almaktadır. Bu bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 13.7°C, yıllık ortalama yağış miktarını ise 1219.4 mm’dir [32]. Literatürde heyelanların oluşumunu tetikleyen bir diğer önemli unsur olarak arazi eğiminin $>20^\circ$ aşığı durumlarıdır [33]. İnceleme alanı engebeli bir arazide yer almakta, eğim oranı ise 10° ile 45° arasında değişmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı (Zonguldak-Kozlu) ve eğim profil haritası (Ortalama eğim= 20°), araziden elde edilen sondaj noktaları.

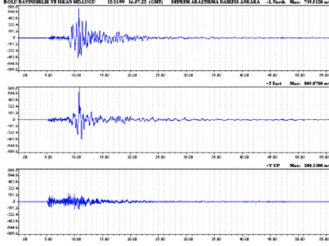
Karadeniz Bölgesinin batı kesiminde yer alan Zonguldak ili, Anadolu’nun başlıca tektonik birliklerinden Pontidler ve İstanbul zonu içerisinde yer alır [34, 35]. Bu havza Paleozoyik ve Mesozoyik karakterdedir [36]. İnceleme alanı genel olarak İnaltı Formasyonu, Kömürlü birimler ve Kilimli formasyonundan oluşmaktadır (Şekil 2a). Çalışma alanında zemin parametreleri belirlemek amacıyla sondajlar yapılmıştır (Şekil 2b). Maksimum 30 metreye ulaşan sondajlarda ilk on metrede silt-silttaşı, kumtaşı (kumlu, çakıllı ve kömürlü), kil silt; ikinci on metrede kil-kiltaşı (kömürlü ve çakıllı), çakıl, kilttaş; üçüncü on metrede ise çakıl-çakiltaş, kumtaşı (kumlu, çakıllı, kömürlü) birimleri elde edilmiştir [37].



Şekil 2. a) Bölgeye ait jeolojik birimler; b) modelde kullanılan arazi sondaj logları.

Bölge jeolojik olarak incelendiğinde, Paleozoik zamanın beşinci alt bölümü olan Karbonifer (354 milyon yıl-292 milyon yıl) litolojik yapılanmasından günümüze kadar geçen sürede orojenik hareketler gözlenmiştir. Bunların en önemlileri Alpin ve Hersinyen orojenezleridir. Bölgede en etkili deformasyonlar Alpin orojeni zamanında olmuştur. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) gibi, Doğu-Batı yönlü büyük gravite fayları bölgeyi çoklu tektonik birliğe ayırmıştır. Bundan dolayı KAF dışında birçok tali faylar da bölgede etkilidir [38]. Zonguldak ili de KAF’a yakınlığı bakımından değerlendirildiğinde, 2. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır [39]. Deprem anında yerin ve buna bağlı olarak çevrede oluşacak hız değişimleri ve deformasyonlar ivme kayıtlarından elde edilmektedir. Deprem anında oluşan ani yerdeğişimler altında yapı veya kütle stabilitesini korumaya çalışır. Yapılar düşey ivmelerin oluşturduğu basınç gerilmelerine karşı yeterli dayanım özellikleri göstermelerine rağmen, yatay ivmeler etkisinde oluşan kesme ve çekme kuvvetlerine karşı dayanımı azdır. Model tasarımlarında pik düşey ivme (PVA) genellikle pik düşey ivme (PHA)’nın 2/3’ü kabul edilmektedir [40]. Fakat bazı orta ve büyük magnitud değerine sahip deprem odaklarının farklı mesafelerinde meydana gelen ivme değişimlerinde bu oranın değişebileceği ifade edilmiştir [41]. Bu değişen özelliklerden dolayı sönüm denklemlerinde pik yatay yer ivmesi tercih edilmektedir [42]. Dinamik tasarımlarda ivme spektrumuna uygun gerçek kuvvetli yer hareketi kaydının seçilmesinde; depremin büyüklüğü, faylanma tipi, çalışma alanının faya olan mesafesi, yarıtlma yönü, yerel zemin koşulları ve kaydın spektral içeriği dikkate alınmaktadır [43]. Çalışmada dinamik modelde bölgeye yakın ve zemin jeolojik özellikleri benzer olması sebebiyle 1999 M_w 7.2 Düzce deprem kaydı kullanılmıştır (Şekil 3). Bu depreminin, odak derinliği 14 km, en büyük yatay kayma yaklaşık 4 m ve toplam yüzey kırığı uzunluğu 40 km olarak belirlenmiştir [44]. 12 Kasım 1999 Düzce depreminde kent merkezinde depremin oluşturduğu deprem moment büyüklüğü M_w7.2 ve yatay deprem ivmesi değeri 0.52 g olarak kaydedilmiştir.

Ayrıca arazi gözlemleri sonucunda, belirlenen maksimum atım değeri 530 cm sağ-yanal olarak belirlenmiştir [44]. Aynı deprem için Bolu’da bulunan ivme ölçer, yatay deprem ivme değerini 0.81 g olarak kaydetmiştir (Şekil 3). Arazi gözlemlerinde de bu yüksek ivme değerini ifade eden olgular gözlenmiştir. Dinamik analizlerde bu kaydın maksimum ivme zaman aralığı dikkate alınarak deprem için 20 saniyelik ivme zaman aralığı hesaplara dahil edilmiştir.



Şekil 3. Düzce depremi ivme kaydı [44].

2.2 Sonlu Elemanlar Modelleme

Sonlu Elemanlar (SE) yönteminde jeolojik ortamlar bir sürekli ortam gibi düşünülerek çeşitli etkiler karşısında (zemin yükleme, zemin kayma, deprem yüklemesi vs.) fiziksel denklemlerle modellenebilmektedir. Çalışılan jeolojik ortamın homojen olmayışı, ortamda var olan sıvılar etkisiyle malzemenin lineer olmayan davranışı, ortamın zamana bağlı fiziksel değişimleri gibi birçok parametre nümerik denklemler yardımıyla simüle edilebilmektedir [46]. Bu çalışmada Plaxis v9 2D dinamik modül sonlu elemanlar programı ile çalışma alanında zemin verilerinden elde edilen parametreler ile çalışma alanı modellenerek, gerilmeler anındaki davranışı incelenmiştir.

Sonlu elemanlara dayalı analizlerde; model oluşturulurken model boyutu model genişliğinin 2 katı kadar büyütülerek modele yansıtılmıştır [47]. Yeraltı su seviyesi (YASS) hesaba katılmış modellerde derinlik yüzeyden -2.00 m olarak modele yansıtılmıştır. Yapı 15 düğüm noktalı üçgenel elemanlardan oluşturulmuştur. Statik durumda; model sınır koşulları modelin sağ ve sol kenarındaki dikey yönde serbest, model tabanında ise sabit yani yatay ve dikey yönde hareketi engellenmiş olarak alınmıştır. Dinamik analizlerde; standart deprem sınır şartlarını kabul eden kuvvetli yer hareketi ivme zaman- sınır koşulu olarak model tabanından etki ettirilmiştir. Yapılan tüm analizlerde sonlu elemanlar ağı, iyi sıklıktaki “fine-mesh” ağ seçilerek yapılmıştır.

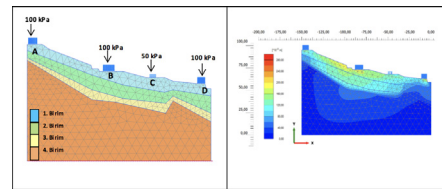
2.2.1 Statik yerdeğiştirme analizi

Statik deformasyon durumunda temel bağıntılar zemin modelini sürekli yapı olarak değerlendirir. Deformasyonlar küçük olarak sınırlandırılır. Bu deforme olmamış orijinal geometri formülüyle ifade edilir. Sürekli zemin modeli ise sonlu elemanlara dayalı belirlenir. Model Mohr-Coulomb prensibi dahilinde oluşturulmuştur [48]. Buna göre, basit lineer elastik-plastik model olarak bilinen bu modelde plastik davranışı modellemek için üç zemin parametresi c' (kohezyon), ϕ' (içsel sürtünme açısı), Ψ (genleşme açısı) ve elastik davranışı modellemek için ise E' (elastisite modülü) ve ν' (Poisson oranı) kullanılmaktadır [49]. Çalışma alanında ilgili idaresinden temin edilen zemin etüt ve geoteknik raporlarında yapılan sondajlardan elde edilen zemin parametreleri ile oluşturulan sayısal zemin profili arazi koşullarını yansıtan parametreler ile belirlenmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Zemin profili..

Zemin Tabakaları	Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	Kohezyon (kN/m^2)	İçsel Sürtünme Açısı ($^\circ$)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
1. Birim	17,0	5	10	7	0,3
2. Birim	19,8	10	20	50	0,35
3. Birim	18,0	8	20	7,5	0,35
4. Birim	20,0	20	35	150	0,3

Modelde heyelan çalışma alanı kabul edilen bölgede yer alan 4 farklı yapı da simülasyonda gösterilmiştir. Yüzeyde yer alan mevcut yapılar temelde taban gerilmesi 50 kPa ve 100 kPa arasında değişen yükler ile temsil edilmektedir (Şekil 4a). Model heyelan tepe noktası, orta nokta ve topuk kısmı olmak üzere üç kısım için değerlendirilmiştir. Statik durumda çalışma alanında yapıların simülasyonu ile maksimum deformasyon heyelan oluşabilecek kesimde 28.45 cm olarak elde edilmiştir. Zemin yapısı silt ve siltli olan bölgelerde deformasyonlar artarak 1. birimden 4. birim sınırına kadar devam etmiştir (Şekil 4b).



Şekil 4. a) Modelde kullanılan mesh sistemi; b) Statik durumda yerdeğiştirme analizi.

2.2.2 Deprem etkisi altında yerdeğiştirme analizi

Heyelan çalışmaları birkaç vaka analizi dışında genellikle statik olarak modellenmektedir. Depremsellik yoğun olarak gözlemlenen bölgelerde özellikle deprem sonrası oluşabilecek hasarların önüne geçilmesi amacıyla, heyelanlara etki edebilecek ikincil kuvvetlerin de araştırılması gerekmektedir. Dolayısıyla şevin deprem anında stabilitesini koruyup koruyamamasının araştırılması önemli bir konudur. Araştırma alanı Kuzey Anadolu Fayına yakın bulunmaktadır. Bu bölgede olabilecek bir depremin zemine verebileceği zarar araştırılmıştır. Bu sebeple çalışma alanına Mw 7.2 Düzce depremi simüle edilerek analizler yapılmıştır. Sonlu elemanlar yönteminde eleman seçimi ve eleman tipleri için karşılaşılan probleme uygun eleman tipleri, belirlenen esas (birincil) bilinmeyene göre bir boyutlu, iki boyutlu ya da üç boyutlu elemanlar ve eğri yüzeyler için eğrisel elemanlardır. Eleman düğüm noktaları, eleman bölgesinde bilinmeyen büyüklüğün (örneğin yerdeğiştirme) dağılım eğrisini tanımlamak üzere matematiksel bir fonksiyon yazmak için stratejik noktalar sağlar. Bu çalışmada heyelan modelinde 15 düğüm noktalı, Mohr-Coulomb gerilme modeli kullanılmıştır. Bu model yaklaşımı statik ve dinamik analizlerin temel yaklaşımını oluşturmaktadır [47].

Dinamik analizler sırasında malzeme sönümü zeminin viskoz özelliklerine, sürtünmeye ve plastik şekil değiştirmelere bağlı olarak oluşmaktadır. Kendiliğinden oluşan bu sönüm miktarı, zeminde görülen mevcut sönümden azdır ve zemin içerisindeki sönüm etkilerini gerçek olarak yansıtabilmek için ekstradan sönüm etkisi uygulamak gerekmektedir. Uygulanacak sönüm (C) değeri, zemin kütle matrisi (M) ve rijitlik matrisinin (K) bir fonksiyonu olan Rayleigh sönüm değeri ile uygulanabilmektedir. Bu katsayıların hesabında iki frekans değişkeni kullanılmaktadır. Genellikle geoteknik malzemelerinin sönüm aralıkları %2-%5 arasında alınmaktadır. Bu çalışma kapsamında dinamik denge denkleminin sönümsüz olarak kabul edilmiş ve bu çalışmada kullanılan bilgisayar programı Plaxis'te standart durum analizi yapılarak $\alpha R = \beta R = 0$ değerleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, kullanılan deprem kaydının aralığı olan 0.01 sn. zaman aralığı kullanılarak maksimum ivmenin kaydedildiği yaklaşık 20 sn'lik ivme kaydı sayısal model tabanından etki ettirilerek sayısal analizler gerçekleştirilmiştir [47]. Dinamik analizlerde Biot [50] zamana bağlı dinamik yük altındaki yerdeğiştirme Eşitlik (1);

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = F$$

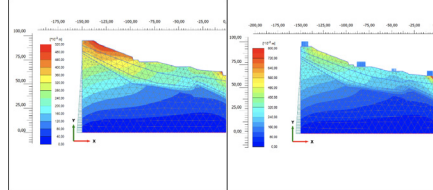
(1)

Burada, M : kütle, u : yerdeğiştirme, C : sönüm değeri,

K : rijitlik değeri, F :yük. Yerdeğiştirme u , hız \dot{u} ve ivme \ddot{u} zamana dayalı değişkenlerdir. Eşitliğin son iki terimi $Ku=F$ statik deformasyona bağlıdır. Sonlu eleman formüllerinde C kütle ve rijitlik matrisinin bir fonksiyonu olarak tanımlanır. M baskın ise düşük frekanslı titreşimler sönümdür veya K baskınsa yüksek frekanslı titreşimler sönümdür. Standart sonlu elemanlar uygulamasında $\alpha R = \beta R = 0$ alınır. Bu denklem zaman tanım alanında tek adımlı artım ve çoklu iterasyon ile Newmark yöntemine göre Eşitlik (1) üzerinde gerçekleştirilmiştir [51].

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Heyelan model alanında hiçbir yapı yükü yokken 20 saniyelik deprem ivme kaydı altında dinamik analizi yapılarak yerdeğiştirmeler simüle edilmiştir. Bu durumda elde edilen maksimum yerdeğiştirme değeri 51.83 cm olarak gerçekleşmiştir (Şekil 5a). Gerçekleşen bu hareket zemin tabakalarının hepsinde etkili olmuş ve kritik kayma düzlemi oluşturmuştur. Tüm yapı yüklerinin modelde analiz edildiği ikinci senaryoda elde edilen maksimum yerdeğiştirme değeri 78.54 cm'dir (Şekil 5b). Kritik kayma düzleminin olduğu bu durumda zemin üzerinde var olan yapıların heyelan oluşumuna katkı sağlayabileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

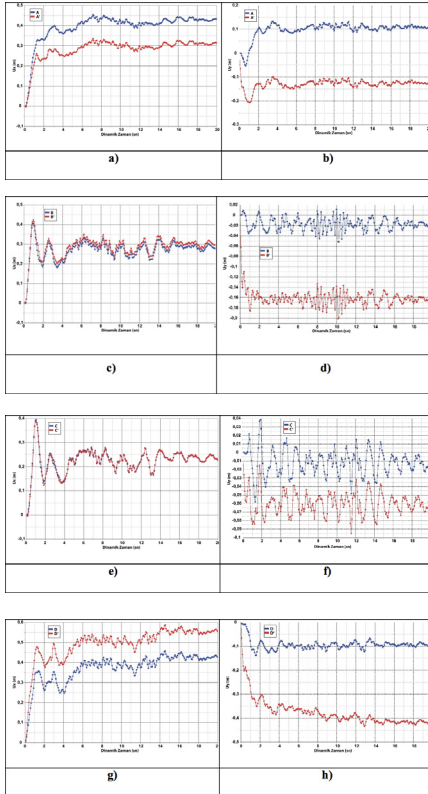


Şekil 5. a) Yapısız dinamik yerdeğiştirme ve b) Yapı varken dinamik yerdeğiştirme; deprem x yönünde uygulanmıştır.

Heyelan modelleme alanında bina yüksüz durumlar A, B, C ve D olarak isimlendirirken bina yükünün var olduğu modeller A', B', C' ve D' üslü indislerle tanımlanmıştır. Modelde 20 sn deprem uygulandığında heyelanın tepe noktasında (taç kısmı) bina yükü yok iken yatay yönde elde edilen maksimum yerdeğiştirme ($A_{U_{xmax}}$) 45 cm iken, bina yükünün var olduğu durumda yatay yönde elde edilen maksimum yerdeğiştirme ($A_{U_{xmax}}$) 33 cm'dir. Düşey yönde yerdeğiştirmeler incelendiğinde; model heyelan tepe noktası bina yükü yok iken elde edilen maksimum yerdeğiştirme ($A_{U_{ymax}}$) 13 cm kabarma olarak gerçekleşmiştir. Modelde bina yükü ile birlikte elde edilen maksimum yerdeğiştirme ($A_{U_{ymax}}$) 20 cm oturma/çökme olarak gerçekleşmiştir (Şekil 6a-6b).

Model heyelanın orta zonuna (kayma bölgesi) gelindiğinde, yatay yönde yerdeğıştirmeler yapı yükstüz ve yapı yüklü olarak birbirine benzer değerler vermiştir. B ve C noktaları için elde edilen maksimum yatay yerdeğıştirme değeri ($B-B'_{U_{xmax}}$ ve $C-C'_{U_{xmax}}$) 40 cm ve ortalama yerdeğıştirme değeri ($B-B'_{U_{xort}}$ ve $C-C'_{U_{xort}}$) 25-30 cm'dir. B noktasında yükstüz ortamda $BU_{y_{max}} = 4$ cm yükselme iken, yüklü durumda $B'_{U_{y_{max}}} = 20$ cm oturma/çökme şeklindedir. C noktasında yükstüz ortamda $CU_{y_{max}} = 3$ cm oturma/çökme oluşurken, yüklü durumda $C'_{U_{y_{max}}} = 9$ cm oturma elde edilmiştir (Şekil 6c-6d-6e ve 6f).

Model heyelanın uç kısmı (topuk bölgesi) incelendiğinde elde edilen yükstüz $D_{U_{x_{max}}} = 40$ cm, yüklü $D'_{U_{x_{max}}} = 50$ cm civarındadır. Düşey yerdeğıştirmeler analiz edildiğinde, elde edilen $D_{U_{y_{max}}} = 10$ cm oturma/çökme ve $D'_{U_{y_{max}}} = 40$ cm oturma/çökme şeklindedir (Şekil 6g-6h).



Şekil 6. a)- h) Yapısız ve yapı varken deprem süresince yatay (U_x) ve düşey (U_y) yönde yerdeğıştirme.

Afetlerin etkilerinin azaltılması veya önlenmesine yönelik yapılan çalışmalardan bir bölümü afet öncesi, afet oluşabilecek yerin ayrıntılı olarak incelenmesi çalışmalarıdır. Türkiye'de özellikle Karadeniz bölgesinde jeomorfolojik ve meteorolojik sebeplerden dolayı heyelanlar sıklıkla yaşanmaktadır. Heyelanların tekrarlanma periyodu dikkate alındığında ülkemizde en fazla yaşanan afet türü heyelanlardır. Afetlerden etkilenen mesken sayıları incelendiğinde heyelanlar depremlerin hemen ardından gelmektedirler. Bu çalışmada Zonguldak ili, Kozlu ilçesi içerisinde yer alan inceleme alanı heyelan tehlikesi çerçevesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Bu bölge araziden alınan gerçek zemin verileri ile bilgisayar ortamında hem statik hem de gerçek deprem verisi altında modellenmiştir. Araştırma alanı 4 farklı zemin tabakasından oluşmaktadır. Heyelan modeli tepe noktası (taç bölge), orta nokta (kayma bölgesi) ve uç nokta (topuk bölge) olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir;

Tüm bölge kararlı durumunda (bina yükleri dahil edilmiştir) model heyelanın orta kesiminde maksimum yerdeğıştirmeler 28.45 cm olarak elde edilmiştir. Model heyelana Mw 7.2 depremi etki ettirildiğinde, kararlı durum değışçerek, depreme bağlı yerdeğıştirmeler artmış, kabarmalar ve çökmeler şeklinde yerdeğıştirmeler gözlemlenmiştir. Model heyelanın tepe noktasında yatay yerdeğıştirmeler 33-45 cm arasında değışirken, düşey yerdeğıştirmeler 13-20 cm arasında gerçekleşmiştir. Model heyelanın akma zomu incelendiğinde, yatay yerdeğıştirmeler 25-40 cm arası, düşey yerdeğıştirmeler 3-20 cm arasındadır. Modelde uç kısma (topuk bölgesi) gelindiğinde yatay yerdeğıştirme değerleri 40-50 cm arasında, düşey yerdeğıştirme değerleri ise 10-40 cm arasında olduğu gözlenmiştir.

Elde edilen tüm bu veriler ışığında çalışma alanında meydana gelebilecek büyük bir depremde heyelan meydana gelme olasılığı yüksektir. Çalışma alanının en üst tabakasını oluşturan 1 nolu birim gevşek ve zayıf malzemeden oluşmuştur. Bu zayıf malzeme bölgeden bertaraf edilerek veya iyileştirilerek daha sağlam bir hale getirilmesi önerilmektedir. Modelde topuk bölgede yer alan kısım içinde zemin destekleme yapılması gerekmektedir. Denge durumunda kararlı halde bulunan şev, olağan bir deprem sırasında duyarlılığını koruyamayıp, büyük yerdeğıştirmeler oluşturması neticesinde bölgede var olan yerleşim yerlerinin etkisinin meydana gelmesi muhtemeldir.

KAYNAKLAR

- [1] Margottini, C. (2013). *Landslide Science and Practice*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31319-6>
- [2] Cruden, D. M. (1991). A simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43(1), 27–29. <https://doi.org/10.1007/BF02590167>
- [3] Froude, M. J., & Petley, D. N. (2018). Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18(8), 2161–2181. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-2161-2018>
- [4] Petley, D. (2012). Global patterns of loss of life from landslides. *Geology*, 40(10), 927–930. <https://doi.org/10.1130/G33217.1>
- [5] Fisher, D., Hagon, K., Swithern, S., & Walmsley, L. (2018). *World Disasters Report 2018*. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies.
- [6] Costa, J., & Wieczorek, G. (1987). *Debris Flows/Avalanches: Process, Recognition, and Mitigation*. The Geological Society of America.
- [7] Cruden, D., & Varnes, D. (1996). *Landslides: Investigation and Mitigation*. Chapter 3 - Landslide Types and Processes. Transportation Research Board.
- [8] Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M. J., & Hutchinson, J. N. (2001). A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, 7(3), 221–238. <https://doi.org/10.2113/gsegeosci.7.3.221>
- [9] Malamud, B. D., Turcotte, D. L., Guzzetti, F., & Reichenbach, P. (2004). Landslide inventories and their statistical properties. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29(6), 687–711. <https://doi.org/10.1002/esp.1064>
- [10] Clague, J., & Stead, D. (2012). *Landslides*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511740367>
- [11] Nowicki Jessee, M. A., Hamburger, M. W., Ferrara, M. R., McLean, A., & FitzGerald, C. (2020). A global dataset and model of earthquake-induced landslide fatalities. *Landslides*. <https://doi.org/10.1007/s10346-020-01356-z>
- [12] Valagussa, A., Marc, O., Frattini, P., & Crosta, G. B. (2019). Seismic and geological controls on earthquake-induced landslide size. *Earth and Planetary Science Letters*, 506, 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2018.11.005>
- [13] Schuster, R., & Highland, L. (2001). *Socioeconomic and Environmental Impacts of Landslides in the Western Hemisphere*. United States Geological Survey.
- [14] Bird, J. F., & Bommer, J. J. (2004). Earthquake losses due to ground failure. *Engineering Geology*, 75(2), 147–179. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.05.006>
- [15] Bommer, J. J., & Rodríguez, C. E. (2002). Earthquake-induced landslides in Central America. *Engineering Geology*, 63(3–4), 189–220. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00081-3](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00081-3)
- [16] Dunning, S. A., Mitchell, W. A., Rosser, N. J., & Petley, D. N. (2007). The Hattian Bala rock avalanche and associated landslides triggered by the Kashmir Earthquake of 8 October 2005. *Engineering*

- Geology, 93(3–4), 130–144. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.07.003>
of Living with Landslides (pp. 111–117). https://doi.org/10.1007/978-3-319-53485-5_12
- [19] Keefer, D. (1984). Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin*, 95(4), 406. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1984\)95<406:LCBE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1984)95<406:LCBE>2.0.CO;2)
- [20] Jiang, Y. (1989). *Slope Analysis Using Boundary Elements*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-83918-4>
- [21] Zdravković, L., & Potts, D. M. (2020). Keynote Lecture: Application of Advanced Numerical Analysis in Geotechnical Engineering Design (pp. 1009–1022). https://doi.org/10.1007/978-981-15-2184-3_132
- [22] Moayedi, H., Mosallanezhad, M., Rashid, A. S. A., Jusoh, W. A. W., & Muazu, M. A. (2020). A systematic review and meta-analysis of artificial neural network application in geotechnical engineering: theory and applications. *Neural Computing and Applications*, 32(2), 495–518. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04109-9>
- [23] Zhang, J., Zhang, L. M., & Tang, W. H. (2011). Slope Reliability Analysis Considering Site-Specific Performance Information. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 137(3), 227–238. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000422](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000422)
- [24] Stead, D., Eberhardt, E., & Coggan, J. S. (2006). Developments in the characterization of complex rock slope deformation and failure using numerical modelling techniques. *Engineering Geology*, 83(1–3), 217–235. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.06.033>
- [25] Dawson, E. M., Roth, W. H., & Drescher, A. (1999). Slope stability analysis by strength reduction. *Geotechnique*, 49(6), 835–840. <https://doi.org/10.1680/geot.1999.49.6.835>
- [26] Lane, P. A., & Griffiths, D. V. (2000). Assessment of Stability of Slopes under Drawdown Conditions. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 126(5), 443–450. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2000\)126:5\(443\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2000)126:5(443))
- [27] Berilgen, M. M. (2007). Investigation of stability of slopes under drawdown conditions. *Computers and Geotechnics*, 34(2), 81–91. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2006.10.004>
- [28] Heitzler, M., Lam, J. C., Hackl, J., Adey, B. T., & Hurni, L. (2017). GPU-Accelerated Rendering Methods to Visually Analyze Large-Scale Disaster Simulation Data. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 1(1–2), 3. <https://doi.org/10.1007/s41651-017-0004-4>
- [29] Luino, F., De Graff, J., Roccati, A., Biddoccu, M., Cirio, C. G., Faccini, F., & Turconi, L. (2019). Eighty Years of Data Collected for the Determination of Rainfall Threshold Triggering Shallow Landslides and Mud-Debris Flows in the Alps. *Water*, 12(1), 133. <https://doi.org/10.3390/w12010133>
- [30] Şahin, C., & Sipahioğlu, Ş. (2003). Doğal Afetler ve Türkiye. *Gunduz Egitim ve Yay*.
- [31] Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Keçer, M., Doğan, A., Ateş, Ş., & Durmaz, S. (2005). Landslide inventory of northwestern Anatolia, Turkey. *Engineering Geology*, 77(1–2), 99–114. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2004.08.005>
- [32] MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Zonguldak İli Hava Durumu, <http://www.mgm.gov.tr> (Ocak 2020)
- [33] Meunier, P., Hovius, N., & Haines, J. A. (2008). Topographic site effects and the location of

earthquake induced landslides. *Earth and Planetary Science Letters*, 275(3–4), 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2008.07.020>

[34] Ketin, I. (1983). The overview of the geology of Turkey. Istanbul Technical University, Mining Faculty Special Publications.

[35] Okay, A. I., & Nikishin, A. M. (2015). Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review*, 57(5–8), 1051–1076. <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1010609>

[36] Okay, A. I., Altiner, D., Sunal, G., Aygül, M., Akdoğan, R., Altiner, S., & Simmons, M. (2018). Geological evolution of the Central Pontides. Geological Society, London, Special Publications, 464(1), 33–67. <https://doi.org/10.1144/SP464.3>

[37] Agan, C. (2009). Farklı Geoteknik Yöntemlerin Heyelan Analizlerinde Kullanımı Ve Karşılaştırmalı Analiz: Zonguldak İli Kozlu İlçesinde Örnek Bir Çalışma. Doktora Tezi.

[38] Bacak, G., & Yilmazer, S. (2011). The Petrographical-Geochemical Properties and Industrial Availability of the Karadeniz Ereğli Andesites (Zonguldak). *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(1).

[39] Fırat, O. (2005). 12 Kasım Düzce Depreminin makrosismik araştırması, Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 71 sayfa.

[40] Newmark, N. M. and Hall, W.J. (1982). Earthquake spectra and design. EERI Monograf, 103 pp. Berkeley, California.

[41] Abrahamson, N. A. and Litehiser, J. J. (1989). Attenuation of vertical peak acceleration. *BSSA.*, 79 (3), 549–580.

[42] Ambraseys, N. ve Douglas, J., (2000). Reappraisal of the effect of vertical ground motions on response. ESEE Report 00-4. Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College, London.

[43] Kramer, S. L. (1996). Geoteknik deprem mühendisliği. (Çeviren: Kayabalı, K. 2003) Gazi Kitabevi, 708 s., Ankara.

[44] Demirtaş, R., Erkmen, C., Yaman, M. (2000). 12 Kasım Düzce Depremi Raporu” Editörler: Bülent Özmen ve Günruh Bağcı, Yüzey Kırık Geometrisi, Atım Miktarı Dağılımı ve Gelecek Deprem Potansiyeli. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.,61-100s

[45] AFAD, 2020. www.afad.gov.tr, erişim tarihi 05/01/2020

[46] Chen, S.-H. (2019). Computational Geomechanics and Hydraulic Structures. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8135-4>

[47] Brinkgreve, R., Kumarswamy, S. ve Swolfs, W. (2017). PLAXIS Manual, Delft: Delft University of Technology.

[48] Zienkiewicz, O. (1977). The Finite Element Method (3rd.). McGraw-Hill.

[49] Schanz, T. (2007). Experimental Unsaturated Soil Mechanics. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/3-540-69873-6>

[50] Biot, M. A. (1955). Theory of Elasticity and Consolidation for a Porous Anisotropic Solid. *Journal of Applied Physics*, 26(2), 182–185. <https://doi.org/10.1063/1.1721956>

[51] Wang, Z., & Mei, G. (2012). Numerical Analysis of Seismic Performance of Embankment Supported by Micropiles. *Marine Georesources & Geotechnology*, 30(1), 52–62. <https://doi.org/10.1080/1064119X.2011.572580>

ON THE EVALUATION OF ONLINE PAYMENT SYSTEMS IN TURKEY BASED ON USERS' PERSPECTIVES

Seda SİNEK*, Ediz ŞAYKOL**

ABSTRACT

In this study, the factors affecting the present and future of payment systems in Turkey together with the technical payment systems are analyzed, and the supported payment systems in Turkey are examined by a survey from the users' perspectives. While the widespread use of smart devices, rapid developments in technology, globalization, improvements in financial areas, the development of commercial and financial activities have led to an increase in domestic and international payment transactions. Consequently, the shopping habits change among many subjects. People's efforts to access information with the fastest, the most practical and the safest are seen as the main reasons for the change of today's world. Merchandising habits also started to show parallel development and change to the internet. The fact that e-commerce can be used with all banks thanks to virtual POSs has further strengthened the link between international e-commerce companies and users. Thus, payment systems became more widespread. The use of payment systems, payment options offered to customers on online shopping sites, campaigns, installments and postponement opportunities has become widespread with the support of credit card security. The need for payment systems has increased due to the fact that people go to a store in their daily routines and see shopping as a waste of time, and nowadays shopping and buy and sell are so easy in online environments. Thus, various payment systems have been initiated. The main purpose of this study is to evaluate the payment systems infrastructure in Turkey from two different users' perspectives. The data gathered via questionnaires in terms of end users who have completed their orders in any e-commerce site using direct payment systems, and the developers who have programming practice on e-commerce sites having integrated payment systems. The statistical results are discussed with analytical evaluations.

*Makalenin Gönderim Tarihi: 02/02/2021, Makalenin Kabul Tarihi: 01/03/2021, Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.873028

**Sorumlu yazar: Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul. ediz.saykol@beykent.edu.tr (ORCID ID:000-0002-8950-5114)

*Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

TÜRKİYE'DEKİ ÇEVİRİMİÇİ ÖDEME SİSTEMLERİ ÜZERİNE KULLANICI PERSPEKTİFİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

Seda SİNEK*, Ediz ŞAYKOL**

ÖZET

Bu çalışmada, teknik ödeme sistemleri ile birlikte Türkiye'deki ödeme sistemlerinin bugünü ve geleceğini etkileyen faktörler analiz edilmiş ve Türkiye'deki desteklenen ödeme sistemleri, kullanıcıların bakış açısıyla bir anket ile incelenmiştir. Akıllı cihazların yaygınlaşması, teknolojideki hızlı gelişmeler, küreselleşme, finansal alanlardaki gelişmeler, ticari ve finansal faaliyetlerin gelişmesi yurt içi ve yurt dışı ödeme işlemlerinde artışa neden olmuştur. Dolayısıyla birçok konuda alışveriş alışkanlıkları değişmektedir. İnsanların bilgiye en hızlı, en pratik ve en güvenli şekilde erişme çabaları günümüz dünyasının değişiminin ana nedenleri olarak görülüyor. Mağazacılık alışkanlıkları da internete paralel gelişme ve değişim göstermeye başladı. Sanal POS'lar sayesinde e-ticaretin tüm bankalarla kullanılabilmesi, uluslararası e-ticaret firmaları ile kullanıcılar arasındaki bağı daha da güçlendirmiştir. Böylece ödeme sistemleri daha yaygın hale geldi. Ödeme sistemlerinin kullanımı, online alışveriş sitelerinde müşterilere sunulan ödeme seçenekleri, kampanyalar, taksitlendirme ve erteleme fırsatları, kredi kartı güvenliği desteği ile yaygınlaştı. İnsanların günlük rutinlerinde bir mağazaya gitmeleri ve alışveriş zaman kaybı olarak görmeleri, günümüzde alışveriş ve alımsatımların online ortamlarda çok kolay olması nedeniyle ödeme sistemlerine olan ihtiyaç artmıştır. Böylelikle çeşitli ödeme sistemleri başlatılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye'deki ödeme sistemleri altyapısını iki farklı kullanıcı açısından değerlendirmektir. Doğrudan ödeme sistemlerini kullanarak herhangi bir e-ticaret sitesinde siparişlerini tamamlayan son kullanıcılar ve entegre ödeme sistemlerine sahip e-ticaret sitelerinde programlama pratiği yapan geliştiriciler açısından anketlerle toplanan veriler. İstatistiksel sonuçlar analitik değerlendirmelerle tartışılmaktadır.

*Makalenin Gönderim Tarihi: 02/02/2021, Makalenin Kabul Tarihi: 01/03/2021, Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.873028

**Sorumlu yazar: Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul. ediz.saykol@beykent.edu.tr (ORCID ID:000-0002-8950-5114)

*Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul

1. INTRODUCTION

As in the whole world, trade is growing rapidly in our country and its share in our economy is increasing day by day. e-commerce market grew 30% in the past 3 years in Turkey. According to TÜSIAD's 2017 e-commerce report; There are 57.7 million credit card users in Turkey According to BKM's 2016 data; It is stated that two out of every five credit cards are used in internet payments. According to the report of TÜSIAD; 85% of online shopping is done via credit cards, 11% at the door and 4% via money order / EFT method. [1]

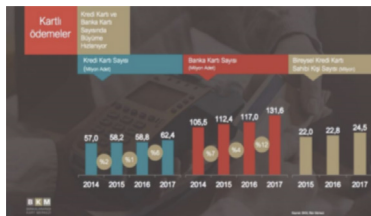


Figure 1: Annual Development of Payment Systems

We can say that the shopping habits in our country are shifting towards online environments and card payment. The Interbank Card Center shared that card payments increased from 65 percent in 2015 to 73 percent in 2017. According to the announced statistics, 1 out of every 3-card payment is made with debit cards.[2] As this and similar research shows, e-commerce and online marketing is entering into a growing market day by day as a habit in our lives.

2. PRELIMINARIES ON SUBVEY

In this study, the technical infrastructure of the payment system in Turkey, UI/UX and the evaluation of software developers and 2 separate survey aimed to evaluate various aspects of the operation of the payment system for users alike. The people who answered the software developer's questionnaire were aimed to reach people who could make comparisons among the payment systems that were interested in payment systems from the software industry. For the user's survey, it is aimed to reach people who can make comparisons for payment systems that have previously used various payment systems. As a result of the questionnaire study, the hypotheses established separately for users and software developers and the factors that statistically affect the view of payment systems were evaluated. In the analysis of the data obtained from the research, parametric and nonparametric tests were used with categorical variable statistical analysis. SPSS packet statistics program was used in the analysis. With the help of SPSS, chi-square

analysis, anova test analysis and distribution graphics were used. With the widespread use of the Internet with smart devices and turning into an important part of daily life; There have been changes in many areas from usage habits to communication styles. The efforts of people to access information with the fastest, most practical and economical means are seen as the main reason for the change of today's world. Merchandising habits have started to develop and change parallel to the internet. E-commerce can be used with all banks thanks to virtual POSs; It has further strengthened the link between international e-commerce companies and users. As such, although the interest in payment systems is increasing day by day, the number of companies operating in payment systems is also increasing. The need for payment systems has increased due to the fact that people go to a store in their daily routines and see shopping as a waste of time in their existing life rush, and nowadays shopping and buy and sell are so easy in online environments. And so, various payment systems began to be developed. In the last part of the study, results and findings will be included. The questionnaire study was tried to be made sense by linear regression and factor analysis.

3. LITERATURE SURVEY ON COMPARISON OF USERS IN TERMS OF PAYMENT SYSTEM IN TURKEY

The local studies subjects are provided below. (Mehmet Güngör, Fırat University/2008.) "On the Chi-Square test", Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics. The study explains sample research and its use on chi-square test.

Eray GÖZENER, Maltepe University 2009/Mobile Payment System. "Examination of how mobile payment systems work and an application", T.C. Maltepe Üniversitesi, Institute of Science, Computer Engineering Department) This study focuses on mobile payment technologies and their future location.

4. STATISTICAL ANALYSES OF THE SURVEY

For our software survey, people who were actively involved in payment systems in business life, and for our user's survey, 35 individuals, who have actively used payment systems, were researched separately. A survey was conducted to determine the contribution of gender, experience and monthly income to the payment systems. 40% of the respondents are women and 60% are men. For developers; There is a statistically significant relationship according to the type of payment in evaluating payment systems. As the type of payment changes, the evaluation of payment systems also

changes. Among the selected payment systems, Masterpass, Payu, and Garantipay were found to be successful, while the most unsuccessful payment system was BKM. There is a statistically significant difference in the evaluation of the payment systems of the software developers according to the experience factor; As experience increases, it is positively affected in evaluating payment systems. There is a statistically significant relationship according to the monthly income factor in the evaluation of the payment systems of the software developers; As monthly income increases, it is positively affected for software developers to evaluate payment systems. There is no statistically significant relationship according to gender factor in the evaluation of payment systems of software developers; gender factor does not differ statistically for software developers. There is a statistically significant relationship according to gender factor in the evaluation of users' payment systems; We can say that men look at payment systems more positively than women. According to the monthly income factor, there is no statistically significant relationship in the evaluation of users' payment systems; The monthly income factor does not differ statistically for users like software developers. 70

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymptotic Significance (2-sided)
Pearson Chi-Square	45.318 ^a	12	.000
Likelihood Ratio	47.977	12	.000
N of Valid Cases	140		

a. 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.25.

Figure 2. Chi-square test result of the first hypothesis for developers

The evaluation of the payment systems of software developers is also the relationship of the payment system. chi-square test result.

Descriptives

SECIM_NUMERIC	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1.00	30	2.5667	1.22287	.22326	2.1100	3.0233	1.00	5.00
2.00	73	3.2329	1.04776	.12263	2.9884	3.4773	1.00	5.00
3.00	37	3.7297	1.14622	.18844	3.3476	4.1119	1.00	5.00
Total	140	3.2214	1.17570	.09936	3.0250	3.4179	1.00	5.00

Test of Homogeneity of Variances

SECIM_NUMERIC	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	1.107	2	137	.333

Figure 3. software developers' evaluation of payment systems and experience factor Anova tests result for developers

The results obtained according to the experience factor in the evaluation of the payment systems of the developers.

aylik_gelir * payment_type * secim Crosstabulation

secim	aylik_gelir	payment_type				Total
		payu	bkm	masterpass	garantipay	
cok_kotu	0-3000	0	1	0	5	6
	3000-7000	0	0	1	1	2
	Total	0	1	1	6	8
kutu	0-3000	3	1	2	1	7
	3000-7000	0	2	3	0	5
	Total	3	3	5	1	12
orta	0-3000	3	4	2	0	11
	3000-7000	2	4	2	5	13
	7000-...	0	1	0	0	1
Total	5	11	4	5	25	
yl	0-3000	3	0	2	3	8
	3000-7000	10	9	4	8	31
	Total	13	9	6	11	39
cok_yl	0-3000	0	1	3	0	4
	3000-7000	4	1	6	2	13
	7000-...	10	9	10	10	39
Total	14	11	19	12	56	
Total	0-3000	9	9	9	9	36
	3000-7000	16	16	16	16	64
	7000-...	10	10	10	10	40
Total	35	35	35	35	140	

Figure 4. Software developers' evaluation of payment systems and experience factor Anova tests result for developers

Statistical relationship of software developers to monthly income factor in evaluating payment systems.

aylik_gelir * secim * payment_type Crosstabulation

secim	aylik_gelir	payment_type				Total
		payu	bkm	masterpass	garantipay	
cok_kotu	cinsiyet kadın	2	0	1	4	8
	cinsiyet erkek	0	0	0	0	0
	Total	2	0	1	4	7
kutu	cinsiyet kadın	2	2	5	1	10
	cinsiyet erkek	0	0	0	0	0
	Total	2	2	5	1	10
orta	cinsiyet kadın	3	4	2	1	10
	cinsiyet erkek	3	8	4	4	19
	Total	6	12	6	5	29
yl	cinsiyet kadın	4	0	4	7	21
	cinsiyet erkek	8	5	2	5	20
	Total	12	5	6	12	35
cok_yl	cinsiyet kadın	0	1	9	14	24
	cinsiyet erkek	10	8	12	6	36
	Total	10	9	21	20	60
Total	cinsiyet kadın	21	21	24	21	86
	cinsiyet erkek	21	21	21	21	84
	Total	42	42	45	42	171

Figure 5. Distribution of chi-square test comparing payment types based on monthly income for the software developers survey

aylik_gelir * secim * payment_type Crosstabulation

aylik_gelir	secim	payment_type	Cik Kisi		Oran		N	Oran %	Total	
			Count	Expected Count	Count	Expected Count				
0-3000	cok_kotu	payu	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	
		bkm	1	1.00	1.00	1.00	1	100.00	1	
	kutu	payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	
	orta	payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	4	4.00	4.00	4.00	4	100.00	4	
	yl	payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	
	cok_yl	payu	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	
		bkm	1	1.00	1.00	1.00	1	100.00	1	
	3000-7000	cok_kotu	payu	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
			bkm	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
kutu		payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	2	2.00	2.00	2.00	2	100.00	2	
orta		payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	4	4.00	4.00	4.00	4	100.00	4	
yl		payu	3	3.00	3.00	3.00	3	100.00	3	
		bkm	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	
cok_yl		payu	4	4.00	4.00	4.00	4	100.00	4	
		bkm	1	1.00	1.00	1.00	1	100.00	1	
7000-...		cok_kotu	payu	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
			bkm	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0
	kutu	payu	10	10.00	10.00	10.00	10	100.00	10	
		bkm	9	9.00	9.00	9.00	9	100.00	9	
	orta	payu	10	10.00	10.00	10.00	10	100.00	10	
		bkm	9	9.00	9.00	9.00	9	100.00	9	
	yl	payu	10	10.00	10.00	10.00	10	100.00	10	
		bkm	9	9.00	9.00	9.00	9	100.00	9	
	cok_yl	payu	10	10.00	10.00	10.00	10	100.00	10	
		bkm	9	9.00	9.00	9.00	9	100.00	9	

Figure 6. Chi-square comparing payment types by gender for software developers survey

5. CONCLUSION

In this study; software and UI/UX evaluated the payment system in Turkey, as developers are arranged two separate surveys for both users. With the survey; availability of payment systems, fraud detection, documentation, development environments, live environments, integration process, environment stability, bug solution approaches in bug formation, admin panels, monthly order, user friendliness, activity in social media, whether there have been problems before, promotion definitions, external resource applications and plugins have been evaluated from various aspects such as integration use. As a result of the questionnaire study, with the hypotheses established separately for users and software developers; Statistically, factors affecting the view of payment systems were evaluated. There is a statistically significant relationship according to the monthly income factor in the evaluation of the payment systems of the software developers; As monthly income increases, the evaluation of payment systems is also positively affected. There is a statistically significant difference in the evaluation of the payment systems of the software developers according to the experience factor; As experience increases, it is positively affected in evaluating payment systems. There is no statistically significant relationship according to gender factor in the evaluation of payment systems of software developers; gender factor does not differ statistically for software developers. There is a statistically significant relationship according to gender factor in the evaluation of users' payment systems; men regard the payment systems more positively than women. According to the monthly income factor, there is no statistically significant relationship in the evaluation of users' payment systems. The monthly income factor does not differ statistically for users like software developers. 71 As a result of the evaluation made according to the monthly income status, gender and experience of the users; It has been observed that Masterpass and Payu are more common and more stable, on the other hand BKM is strong in promotion and campaign and more active in social media. GarantiPay's application and instant notification side have been found to be rich. At a glance at payment systems; The view of payment systems in users differs according to gender, not in software developers. According to the monthly income level and experience, the perspective of payment systems differs for both users and software developers.

REFERENCES

- Online,<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/73289f67-d210-4f4989026e14ecae055d0demeSistemleri.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-73289f67-d210-4f49-89026e14ecae055d-m51k6L-> Date of access:16.03.2019
- Online, <https://webrazzi.com/2018/01/24/turkiyenin-2017-yilindaki-onlinekartli-odeme-istatistikleri/> Date of access:12.04.2019
- Online,<https://test-api.bkmexpress.com.tr/docs?java#endpoint-39-in-olutulurmasi>.Dateof access:12.04.2019
- Mehmet Güngör, Fırat University/2008. “Ki-Kare testi üzerine”, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics
- Eray GÖZENER, Maltepe University 2009/Mobile Payment System. “Mobil ödeme sistemlerinin çalışma şeklinin incelenmesi ve bir uygulama”, T.C. Maltepe University, Institute of Science, Computer Engineering Department)
- Online, <https://www.masterpassturkiye.com/FAQ.aspx> . Date of access:12.04.2019
- Online, https://wiki.ebebek.com/pages/viewpage.action?pageId=4820731&preview=/4820736/10650675/MasterPass%20ENTegrasyon%20Do%CC%88ku%C%88man%C4%B1_v19_7.pdf . Date of access:12.04.2019
- Online, https://wiki.ebebek.com/pages/viewpage.action?pageId=4820731&preview=/4820736/10650675/MasterPass%20ENTegrasyon%20Do%CC%88ku%C%88man%C4%B1_v19_9.pdf . Date of access:12.04.2019
- Online,<https://test-api.bkmexpress.com.tr/docs?java#endpoint-39-in-olutulurmasi>.Dateof access:12.04.2019
- Online,<https://test-api.bkmexpress.com.tr/docs?java#endpoint-39-in-olutulurmasi>.Dateof access:14.04.2019
- Online, <https://www.vitaministe.com/PayU-Nedir-Nasil-Calisir,DP-23.html> . Date of access:12.04.2019
- Online, <https://www.payu.com.tr/ozellestirilebilen-odeme-sayfasi> . Date of access:12.04.2019
- Online, <https://www.bonus.com.tr/garantipay> . Date of access:12.04.2019
- Online, <http://mustafaotrar.net/istatistik/tek-yonlu-varyans-analizi-anova> Date of access:15.06.2019

YAPAY ZEKANIN CERRAHİ UYGULAMALARA ENTEGRASYONU

İlayda ÖLÇER*, Atınç YILMAZ**

ÖZET

Yapay zeka teknolojisinin, robotların icadıyla ortaya çıktığı bilirse de yapay zekadaki hızlı gelişmeler bu zaman açığını kapatmıştır. Geleceğimizi şekillendirecek teknolojiler arasında sayılan yapay zeka teknolojisi hayatın her alanına olduğu gibi sağlık alanına da her geçen gün daha çok etki etmektedir. Bu etkilerin en büyük getirilerinden biri yapay zekanın robotiğe entegre olmasının cerrahi uygulamalarda çığır açan gelişmeleri beraberinde getirmesi olmuştur. Yapay zeka teknolojisinin robotikte yer alması ile birlikte problemleri analiz ederek bu problemleri çözümlenmeye dair gerekli olan eylem planlarını yerine getirebilen ve karşılaşılan yeni problemler için çözüm üretebilen üst düzeyde teknik özelliklere sahip robotların geliştirilmesi beklenmektedir. Yapay zekanın robotikle entegrasyonunda geline son noktada ise sadece basit bir akıl yürütmeden ziyade insan benzeri kognitif yeteneklerin robotlara kazandırılması söz konusudur. Yapay zekanın robotikte meydana getirdiği bu ilerlemelerle beraber yapay zeka teknolojisinin cerrahi uygulamalarda yer bulması zamandan tasarruf sağlamanın yanında meydana gelebilecek tıbbi hataların en aza indirilerek daha başarılı bir cerrahi süreç meydana gelmesine ve ameliyat sonrası sürecin de en az hasarla atlatılmasına olanak sağladığı için yapay zekanın cerrahide kullanılması önem arz etmektedir. Bu makalede yapay zekanın cerrahi uygulamalara dahil olması sonucu geliştirilen bir takım cerrahi teknolojilerden bahsedilmiştir. Yapay zeka teknolojisinin robotiğe sağladığı avantajlar değerlendirilerek gelecekte daha kapsamlı gelişmelere katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka,robotik,iKnife, doku, sanalbıçak

*Makalenin Gönderim Tarihi: 03/02/2021 Makalenin Kabul Tarihi: 23/02/2021, Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.873770

**Sorumlu yazar: Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,İstanbul. atincyilmaz@beykent.edu.tr (ORCID ID: 0000-0003-0038-7519)

*Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul. ilaydaolcer98@gmail.com

GİRİŞ

Yapay zeka; makinelere akıl yürütme yeteneği kazandıran ve bunun yanı sıra makinelerin problem çözme, kelime ve nesnelere ayırt edebilme ve kendi kendine karar üretebilme gibi kognitif fonksiyonları yani kavramaya ilişkin bilişsel fonksiyonları yerine getirmek adına programlanmış makinelerde insan zekasının bir simülasyonu olarak ifade edilebilir. Makinenin öğrenmesi, doğal dil işleme, yapay sinir ağları, bilgisayarla görüntü yapay zekanın odaklandığı disiplinler arasındadır. Yapay zekanın, sağlık hizmetlerini nasıl etkileyebileceğini kavramak ve yapay zeka teknolojisiyle doğru bir etkileşim içinde olabilmek adına cerrahların yapay zeka konusunda belli bir altyapıya sahip olması önem arz etmektedir [1].

Günümüzde sağlık hizmetleri ve bünyesinde bulunan diğer alanlarda yapay zeka potansiyeline dair gün ışığına çıkarılmak istenen konular mevcuttur. Bunlar bilhassa de örtüntü ve şekil tanıma, tıbbi görüntüleme ve histopatoloji adını verdiğimiz doku hastalıklarını tanıma bilimi başta olmak üzere yapay zeka tabanlı platformların canlılarla eşdeğerlendirilebildiği ve kimi zaman da bu canlı emsallerden üstün çıkabilme potansiyeline sahip olan disiplinlerle alakalıdır. Yapay zeka teknolojisindeki gelişmelere örnek olarak Cornell Üniversitesi'ndeki bilgisayar uzmanlarının; meme kanserinde lenf düğümü metastazlarının belirlenmesinde, derin öğrenme algoritmaları yardımıyla yaygın olarak kullanılan patolojiye göre ortalamamın üstünde sınıflandırma doğruluğunun ortaya konulması verilebilir[2].

Görüntüleme ve tanı teknolojilerinde, cerrahi enstrümantasyon, cerrahi navigasyon ve robotik müdahale uygulamaları gibi alanlarda ileri düzeyde teknolojik gelişmelerin meydana gelmesi yapay zekanın da cerrahi uygulamalar üzerinde kademeli olarak gelişimine sebep olmaktadır. Cerrahideki bu gelişmelere paralel olarak, akut ve kronik hastalıklarda yaşam süresinin ve hayatta kalma limitinin devamlı olarak uzaması gibi dikkate değer etkiler gözlenmiştir. Cerrahi gelişmelerin devamında ameliyat öncesinde ve ameliyat sırasında kullanılabilen, manyetik rezonans görüntüleme (MRI), bilgisayarlı tomografi (CT) ve ultrason gibi görüntüleme tekniklerinin kullanımı ile cerrahi navigasyon ve planlama olası hale getirilmiştir[3]. Robot Destekli Minimal İnvaziv Cerrahi (MIS) ile daha hızlı hasta iyileşmesi ve buna bağlı hastane maliyetlerinin azalması ve cerrahi travmanın az olması gibi geleneksel cerrahi ile kıyaslama yapıldığında birçok avantaja sahip olduğu gözlemlenmektedir[4]. Yapay zekanın ortognatik tedavilere entegre edilmesi ile birlikte yüz çekiciliği ve yaş görüntümü üzerindeki

etkileri de araştırılan çalışma konularından biridir[5]. Evrişimsel sinir ağına dayalı bilgisayarlı bir algoritma uygulaması ile birçok hastanın görüntümünün ve çekiciliğinin ortognatik tedavi ile yenilenmiş olduğu sonucuna ulaşılmıştır[6].

Yapay zeka uygulamasının tıp dünyasına dahil olması sanal ve fiziksel komponentler ile mümkündür. Sanal komponent, deneyim yoluyla öğrenmeyi geliştiren matematiksel algoritmalarla temsil edilen 'Makine Öğrenimi' ile temsil edilir[7]. Yapay zekanın fiziksel komponentler ile tıp dünyasına entegrasi ise minimal invaziv cerrahi için hem cerrahlara hem de hastalara kolaylık sağlayan bir teknoloji olan cerrahi robotikler ile temsil edilmektedir[8]. Yapay zekanın disiplinlerinden biri olan makine öğrenmesinde bilgisayarlara bir veri girişi olduğu takdirde; bu veri örneklerinden belli modelleri, kalıpları, şekil düzenlerini tanıyıp öğrenme sağlamak için öğrenme komutu veren algoritmaların yararlanılır. Makinenin öğrenme metodlarından biri olan derin öğrenmede, veri hakkında daha az varsayımı olan modeller baz alınır. Buna bağlı olarak daha karmaşık veriler işlenebilir. Denetimli ve denetimsiz olabilen derin öğrenme metodları, girişin ayrışmasında gücü için önem taşıyan özellikleri kuvvetlendirirken konu ile bağıntısız varyasyonları ortadan kaldıran verilerin çeşitli temsil katmanlarına dayanmaktadır. Denetimli öğrenme makine öğrenme algoritmasını eğitmek için bilinen bir sonucu tahmin etmeye dayanır. Denetimsiz öğrenme de ise makine öğrenimi algoritması eğitilmeden büyük veri gruplarının içindeki modeller, kalıplar, örtüntüler tespit edilerek veriler birçok kategoride tasnif edilir. Denetimli öğrenmede amaç, bilgisayara tanıtılan insana ilişkin etiketli veriler sayesinde, bilgisayar tarafından herhangi bir görüntüyü tanıma veya veritabanındaki bir komplikasyonu saptama gibi fonksiyonları bilgisayara öğretmektir. Denetimsiz öğrenmede ise herhangi bir şekilde etiketleme olmadan bulunan veriler makine öğrenme algoritmasına tanıtılır. Daha sonra bilgisayar tarafından verilere ait, cerrahi açıdan dikkate değer bir gizli katman bulunmaya çalışılır. Bu bilgiler ışığında makine öğrenmesinde yer alan denetimli ve denetimsiz öğrenme metodları yapay zeka cerrahisine ışık tutan uygulamalardandır [9-11]. Bu disiplinin yapay zeka cerrahisine dair ışık tutan uygulamalarına benzer şekilde makinelerin görüntüleri ve videoları kavrama gücünü ifade eden farklı bir disiplini ifade eden bilgisayarla görüntü alanında da gerçekleşen kayda değer gelişmeler nesne ve görüntü tanıma sağlayan bilgisayarların insan kapasitesindeki yeteneklere ulaşmasını beraberinde getirmiştir. Bilgisayarla görüntü sağlığına entegre edilmesiyle, sanal kolonoskopi, görüntüleme rehberliğindeki cerrahi ve bilgisayar destekli tanı uygulamalarıyla birlikte eksen boyunca gerçekleşen

görsüntülerden görüntü eldesi ve elde edilen bu görüntülerin yorumlanması gibi yapay zeka cerrahisine ışık tutabilecek kayda değer sonuçlar gözlenmektedir[9]. Makine öğrenimi, bilgisayarla görsel görüntü gibi yapay zeka disiplinlerinin cerrahi uygulamalara entegre edilmesi sağlık hizmetlerini daha etkin kullanabilmek açısından önem arz etmektedir. Gelişmekte olan teknoloji sayesinde cerrahi uygulamalara ilişkin tanı ve teşhislerde yüksek oranda kesinlik sağlanması, tedavi kolaylığının yanında kısa sürede kapsamlı sonuçlar elde edilebilmesi sağlık hizmetlerinde yapay zekanın kullanılmasını destekleyici etmenlerdendir. Yapay zekanın robotik ile beraber cerrahi uygulamalarda yer edinmesi ile ortaya çıkan çeşitli cihazlar, bu cihazların kullanım alanları ve çalışma prensiplerinden bahsedilen bu çalışmanın dikkate alınmasıyla bu cihazların avantaj ve dezavantaj sağladığı konular belirlenerek bu birikimler farklı çalışmalara aktarılabilir. Bunun yanında bu çalışmada söz edilen cihazların farklı alanlarda sağladıkları etkiler araştırılarak cihazların kapsam alanı genişletilebilir. Bu çalışmanın gelecekteki yapay zeka ve robotik tabanlı çeşitli çalışmalar için bir rehber niteliğinde olması hedeflenmektedir.

YAPAY ZEKA VE ROBOTİK

Robotik, cerrahlar ve benzer şekilde hastalar tarafından öncelik tanınan iyi yapılandırılmış bir yöntem olarak cerrahide yerini almıştır. Stereotaktik radyoterapi uygulamaları için geliştirilmiş, robotik bir kol üzerine monte edilen, iyonlaştırıcı radyasyon kaynağı olarak doğrusal hızlandırıcı içeren, hedef bölgeyi konumlandıran bir çerçeveye sahip olmaksızın tedavi hedefiyle bağlantılı anatomik noktaları bulmak için tedavi ışını hedef bölgeye hizalayan görüntü kılavuzluğunda bir radyocerrahi sistemi olan Cyberknife sayesinde radyasyon demetleri odaksal olarak kullanılarak beyindeki kanserli dokuların veya belirli bir lokasyondaki tümörlerin imha edilebilmesi için önceden tanımlanan tedavi planları gerçekleştirilebilir[12-15] Günümüzde CyberKnife ile beyin metastazlarının tedavisine ilişkin yayınlanmış bazı araştırma çalışmaları bulunmaktadır (Tablo.1) [16]. Araştırma çalışmaları sonucu ortaya çıkan bilgilere göre CyberKnife sisteminin ve stereotaktik radyocerrahinin beyin metastazları tümörleri için efektif ve tehlikesiz bir tedavi yöntemi olarak incelenmesi bu yöntemin uygulanabilirliğinin kapsam alanını genişletmektedir[17]. Bu bağlamda çoklu ve büyük büyük boyutlu tümörlerin beyin metastazları CyberKnife sistemi ile tedavi edildiğinde tümörün ilerlemesinin durdurulmasına yönelik elde edilen sonuçlar farklı çalışmalarda kıyaslanabilecek dikkate değer sonuçlar olmuştur [16, 18]. Tüm bunlara ek olarak

melanom veya renal hücre beyin metastazına sahip hastalarda CyberKnife radyocerrahisi ile sürdürülen tedavilere bağlı olarak sonuçlar, tümörlerin kabul edilebilir toksisite değerlerine ulaşması sonucu lokal olarak tümör kontrolünün sağlandığına ilişkin [16] [19]. Bu çalışmalar sonucu metastatik beyin tümörleri için CyberKnife ile radyasyon ışınlarının kafatası içindeki küçük hedeflere tam olarak odaklamak için tercih edilen bir yöntem olan stereotaktik ışınlanmanın etkili ve güvenli bir yöntem olduğuna işaret etmektedir. [16, 20]. Buna ek olarak CyberKnife sisteminin çok katlı veya büyük boyutlu tümörler için bir radyasyon dozunun birden fazla parçaya bölünme sürecini kapsayan fraksiyone tedaviye olanak sağladığını gözlemlenmiştir[16]. Bu tedavi yöntemi, sağlıklı dokulara verilen hasarı en aza indirirken kötü huylu hücrelerin ortadan kaldırılmasının en üst seviyeye çıkmasını amaçlamaktadır[21].

Bunların yanında eklem kapstülünün iltihaplanması veya gerilmesi ile ortaya çıkabilen facetjenik sırt ağrısı, obsesif kompulsif bozukluk ve kalpteki anormal kalp ritmine neden olan dokuları ortadan kaldırmak veya yok etmek için yararlanılan kardiyak ablasyon gibi alanlar için CyberKnife radyocerrahi araştırmaları halen sürdürülmektedir[22]. MAKO total diz robotik-kol destekli cerrahi ise, kemik rezeksiyonundan önce implantları boyutlandırılmak ve yönlendirmek için ameliyat öncesinde hastanın dizine ait bilgisayarlı tomografi taraması ve üç boyutlu planlama kullanılarak hasarlı eklem bir kısmının veya tamamının çıkarılıp yapay implantlarla değiştirilmesini kapsayan eklem replasmanında kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Ek olarak dental implant süreçlerinde klinik uzmanlığı arttırmak ve cerrahlara rehberlik etme amacıyla kullanılan Yomi robotik cerrahi cihazı, implant cerrahisi esnasında enstrümantasyona yönelik planlama ve yönlendirme rehberlik sistemi için yazılım sağlar[23, 24]. Robotik cerrahi cihazına gelen bilgisayarlı tomografi taramalarından elde edilen bilgiler; sinirler, sinüs, komşu dişler gibi temel anatomik özellikler dikkate alınarak ameliyatı planlamaya olanak tanıyan yazılıma beslenir [25]. Bilgisayarlı tomografi görüntülerindeki eksiklikleri yok etmek ve mevcut görüntülerden yeni bilgiler elde etmek için bilgisayarlı tomografi görüntülerinin 3 boyutlu yeniden yapılandırılması ile operasyon öncesi tanımlanan planı yerine getirir [12, 26]. Robotik sistem aynı zamanda cerrahi hassasiyet sağlamak amacıyla tekrar edilebilir dokunsal robotik rehberlik sağlar ve implant uygulamalarında osteotomi için pozisyonu, derinliği ve açılacak şeklin kontrolünü yapar [23, 27].

Robotikte söz edilen bu geniş kapsamlı ilerlemelere rağmen yapay zeka teknolojisinin cerrahi uygulamalara entegre olma süreci daha uzun sürmüştür.

İnsan dokusuyla etkileşimin komplike olması ve aynı zamanda bu tür gelişmelere gereksinim duyulmaması sürecin daha yavaş ilerlemesine sebep olan etmenler arasında yer almaktadır [12].

Tablo.1: Beyin metastazları için CyberKnife radyocerrahisi üzerine yayımlanmış çalışmaların incelenmesi.

1.yazar Referans Yıl	n hasta n metastaz	Doz fraksiyonları Gy	Tümör toksisitesi kontrolü
Shimamoto[17],2002	48	9-30	yüksek > 24 Gy
	77	mevcut değil	şiddetli değil
Solty[28],2007	72	15-30	86%
	76 kavite	1-5	7 (3 nekroz)
Nishizaki[18],2006	71	7.8-30.1	83%
	148	1-3	kalcı değil
Hara[19],2009	62	14-24	87%
	145	1	6%
Muacevic[29],2009	333	17-22	95.2%
	783	1	6.3%
Wang[30],2009	40	18-36	94.1%
	68	1-5	14/40
Wowra[31],2009	63	17-22	95%
	63	1	5%

CERRAHİDE AKILLI BIÇAK/ iKnife

Bir doku profilinin kanserli olup olmadığını tespit etmek için geleneksel yöntemler dikkate alındığında patoloji laboratuvarlarında numunenin 20-30 dakika kadar sürebilen zaman alıcı bir dizi işlemde geçmesi sonucu doku profile hakkında kesin olmayan sonuçlara ulaşmak söz konusu olabilir.

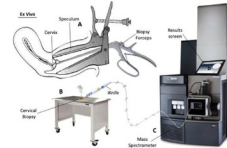
Kanserli dokuları tespit etmek adına vakit alan bu süreçte kıyasla iKnife tarafından ilgili örnekler saniyeler içinde değerlendirilebilir. iKnife, dokuyu elektrik kullanarak kesmek veya buharlaştırmak için kullanılan elektrocerrahi sistemi ile birlikte eksizye edilen buharlaşmış dokuya ilişkin gerekli bilgileri depolar ve analiz eder [32, 33].

Akıllı bıçak (iKnife) olarak da bilinen hızlı buharlaşmalı iyonizasyon kütle spektrometrisi (REIMS) aerosollerin kimyasal analizi için biyolojik doku analizine yardımcı olmak adına geliştirilmiş teknolojilerdendir[34]. Aerosollerin analizi için geliştirilmiş ortam iyonizasyon kütle spektrometrisi REIMS, kompleks parçacıkları

gerçek zamanlı olarak incelemek adına hızlı yanıtlama süresi ve yüksek duyarlılık sağlamaktadır[35]. Cerrahi aerosol numune hazırlığı gerekmeden standart elektrocerrahi cihazları kullanımıyla doğrudan doku yüzeylerinden üretilir ve operasyon sırasında yapılacak teşhis için potansiyel kullanım imkanı sunar[34]. REIMS tarafından birçok kanser türü ile ilişkili olan lipid metabolizmasındaki bozukluklar çeşitli doku tiplerinde kolaylıkla tespit edilmiştir. iKnife teknolojisi sayesinde tümör barındıran beyin, meme, kolon ve yumurtalık bölgelerindeki kanserli doku normal dokudan kuvvetli bir doğruluk payı ile ayırt edilir[34].

iKnife PROSES

iKnife prosesinin sağlıklı doku durumunu, hastalık etkeninin organizmaya girerek dokulara yayılmasından önceki doku durumunu ve mikroorganizmanın konağa yerleşip tiremesi halindeki servikal doku durumu arasında ex vivo inceleme ile doğru bir şekilde ayırt ederek erken evre rahim ağzı kanserinin cerrahi tedavisinde operasyon esnası yönetimi geliştirme potansiyeline sahip olup olmadığını değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur[34]. Bu bağlamda doku toplama işlemi ve iKnife prosesini kavramak amacıyla kolposkop adı verilen cerrahi bir aletle rahim ağzı, vajina ve vulvayı inceleme yönteminden oluşan kolposkopik değerlendirme ve numunenin çok hızlı bir şekilde -70 °C'nin altındaki sıcaklıklara indirildiği dondurma işlemi esnasında rahim ağzında bulunan anormal hücreleri ortadan kaldırmak ve hücreleri daha yakından incelemek için cisimleri tutmaya yarayan servikal punch biyopsi forsepsi kullanılarak servikal punch biyopsi gerçekleştirilir (Fig.1A) [34]. Dondurulma işleminden geçtikten sonra oda sıcaklığına çözdürülen numunenin iKnife aracılığıyla yüksek frekanslı elektromanyetik akımların kullanıldığı cerrahi diatermi uygulamasıyla diyatermiye edilmesi dokuların sahip olduğu lipid profilinde iyonlaşma ve aerosol ekstraksiyonuna yol açmıştır (Fig.1B) [34]. Diyatermi ısı tedavisi sonucu ortaya çıkan aerosol bir emme pompasına takılı camdan yapılmış bir emme tüpü vasıtasıyla kütle spektrometresine iletilir (Fig.1C) [34, 36]. Kütle spektrometresine taşınan aerosol, bilimsel bulguların potansiyel hastalık tedavilerine çevrilmesine yönelik meydana gelen translasyonel sonuçlar aracılığıyla işlemden geçirilir (Fig.1D) [34].



Şekil.1: Doku toplama işlemi ve iKnife prosesi .

SONUÇ

Yapay zeka, minimum insan aracılığıyla insana özgü bilişsel yeteneklerin simüle edilmesinin bilgisayarlar aracılığıyla gerçekleştirilmesidir. Yapay zeka, tıp biliminde; robotik, tıbbi teşhis, tıbbi istatistikler ve insan biyolojisi gibi alanlarda yer alabilir. Yapay zeka ve robotiğin cerrahi alana entegre olmasıyla belli alanlara özgü robotik sistemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında bu çalışmada söz edilen tüm vücutta kanser tedavisi için tasarlanmış olan robotik radyocerrahi sistemi Cyberknife sisteminin kullanılmasıyla beyin metastazları tümörleri için yapılan çalışmalarda tümör toksisite kontrolü sonucu ortaya çıkan sonuçlar bu sistemin etkili ve güvenli bir tedavi yöntemi olarak kabul edilmesine olanak tanımakla beraber robotik sistemlerin cerrahi uygulamalarda kullanılmasının doğurduğu olumlu etkileri gözler önüne sermektedir. Buna ek olarak bu çalışmanın hedefleri doğrultusunda CyberKnife radyocerrahinin farklı alanlarda sağlayabileceği olanakların incelenmesi ile doğabilecek olumlu sonuçlar daha geniş bir kapsamda tedavi uygulanabilirliğini sağlayabilir. CyberKnife dışında çalışma kapsamında incelenen iKnife hızlı buharlaşmalı iyonizasyon kütle spektrometresi (REIMS) yardımıyla elektrocerrahi diseksiyonu ile eksizye edilen buharlaşan dokudan toplanan bilgilerin kanserli doku tespiti için önemli sonuçlar taşıdığı ve bu sistemin çalışma mekanizması hakkında sunulan ayrıntılı içerikler bu sistemlerin işleyişini anlamak ve gelecekte bu sistemleri daha da geliştirebilmek açısından önem arz etmektedir. Yapay zekanın cerrahi uygulamalara dahil olması hastalıkların tanısında, teşhisinde ve tedavisinde insan kaynaklı hataların en aza indirilmesini sağlamanın yanı sıra tanı, teşhis ve tedavi süreçlerinde zamandan büyük ölçüde tasarruf sağlayarak cerrahi uygulamalarda insana özel sebepler sonucu karşılaşılan dezavantajları azaltmaya olanak sağlar. Yapay zeka ve robotiğin cerrahi uygulamalara entegrasyonu cerrahların bu uygulamalardaki geleneksel rollerinin değişmesine neden olmakla birlikte bu çalışmada yer edinen robotik sistemlerin cerrahi uygulamalara sağladığı faydalardan yararlanılarak ya da bu sistemlerin cerrahi uygulamalarda meydana getirdiği zorluklar göz önünde tutularak tüm bu birikimler farklı sistemlerin geliştirilmesinde rol oynayabilir. Yapay zeka teknolojisindeki ilerlemelerle beraber robotik sistemlerin de geliştirilmesiyle birlikte etkilerinin kanıtlandığı durumlar dışında farklı hastalıklar için de tanı, teşhis ve tedavi sürecinde yer alarak daha geniş bir kapsamda hizmet verebilirler. Bu çalışmadan yola çıkarak yapay zeka ve robotiğin cerrahi uygulamalarda hem hastalara hem de cerrahlara önemli ölçüde umut vaat eden çalışmalar sağladığı ve cerrahi uygulamalarda

kullanılmak üzere gelecekte gerçekleştirilecek yapay zeka ve robotik tabanlı çeşitli çalışmalar için rehber olması hedeflenmektedir. Bu çalışmaların gelişen teknolojiyle birlikte çok daha efektif bir şekilde cerrahi uygulamalara entegre olması umut edilmektedir.

KAYNAKÇA

1. Hashimoto, D.A., et al., Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. *Ann Surg*, 2018. 268(1): p. 70-76.
2. Mirnezami, R. and A. Ahmed, Surgery 3.0, artificial intelligence and the next-generation surgeon. *The British journal of surgery*, 2018. 105(5): p. 463-465.
3. Zhou, X.-Y., et al., Artificial Intelligence in Surgery. *arXiv preprint arXiv:2001.00627*, 2019.
4. Troccaz, J., G. Dagnino, and G.-Z. Yang, Frontiers of medical robotics: from concept to systems to clinical translation. *Annual review of biomedical engineering*, 2019. 21: p. 193-218.
5. Patcas, R., et al., Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 2019. 48(1): p. 77-83.
6. Bouletreau, P., et al., Artificial intelligence: applications in orthognathic surgery. *Journal of stomatology, oral and maxillofacial surgery*, 2019. 120(4): p. 347-354.
7. Hamet, P. and J. Tremblay, Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 2017. 69: p. S36-S40.
8. Gomes, P., Surgical robotics: Reviewing the past, analysing the present, imagining the future. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2011. 27(2): p. 261-266.
9. Hashimoto, D.A., et al., Artificial intelligence in surgery: promises and perils. *Annals of surgery*, 2018. 268(1): p. 70.
10. Wang, L., Discovering phase transitions with unsupervised learning. *Physical Review B*, 2016. 94(19): p. 195105.
11. Panch, T., P. Szolovits, and R. Atun, Artificial intelligence, machine learning and health systems. *Journal of global health*, 2018. 8(2).
12. Bhandari, M., T. Zeffiro, and M. Reddiboina, Artificial intelligence and robotic surgery: current perspective and future directions. *Current opinion in urology*, 2020. 30(1): p. 48-54.
13. Murphy, M.J., et al., Patterns of patient movement during frameless image-guided radiosurgery. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 2003. 55(5): p. 1400-1408.
14. Lutz, W., K.R. Winston, and N. Maleki, A system for stereotactic radiosurgery with a linear accelerator. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 1988. 14(2): p. 373-381.
15. Nuyttens, J.J. and M. Van De Pol, The CyberKnife radiosurgery system for lung cancer. *Expert review of medical devices*, 2012. 9(5): p. 465-475.
16. Wowra, B., A. Muacevic, and J.-C. Tonn, CyberKnife radiosurgery for brain metastases. *Current and Future Management of Brain Metastasis*, 2012. 25: p. 201-209.
17. Shimamoto, S., et al., CyberKnife stereotactic irradiation for metastatic brain tumors. *Radiation medicine*, 2002. 20(6): p. 299-304.
18. Nishizaki, T., et al., The role of cyberknife radiosurgery/radiotherapy for brain metastases of multiple or large-size tumors. *min-Minimally Invasive Neurosurgery*, 2006. 49(04): p. 203-209.

- 19.Hara, W., et al., Cyberknife for brain metastases of malignant melanoma and renal cell carcinoma. *Neurosurgery*, 2009. 64(suppl_2): p. A26-A32.
- 20.Corn, B.W., et al., Stereotactic irradiation: potential new treatment method for brain metastases resulting from ovarian cancer. *American journal of clinical oncology*, 1999. 22(2): p. 143-146.
- 21.Chmiel, A.M.D.E. Fractionation (radiation therapy). 2020; Available from: <https://radiopaedia.org/articles/fractionation-radiation-therapy?lang=us>.
- 22.Hara, W., S.G. Soltys, and I.C. Gibbs, CyberKnife® Robotic Radiosurgery system for tumor treatment. *Expert review of anticancer therapy*, 2007. 7(11): p. 1507-1515.
- 23.Wu, Y., et al., Robotics in dental implantology. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*, 2019. 31(3): p. 513-518.
- 24.Spiers, H.J. and E.A. Maguire, A navigational guidance system in the human brain. *Hippocampus*, 2007. 17(8): p. 618-626.
- 25.Natarajan, M., A Review of Robotics in Dental Implantology.
- 26.Maksimovic, R., S. Stankovic, and D. Milovanovic, Computed tomography image analyzer: 3D reconstruction and segmentation applying active contour models—'snakes'. *International journal of medical informatics*, 2000. 58: p. 29-37.
- 27.Neocis. Robotic Guidance in Implant Dentistry. What is YOMI? [cited Accessed January 7, 2018; Available from: <https://www.neocis.com/meet-yomi/>.
- 28.Soltys, S.G., et al., Stereotactic radiosurgery of the postoperative resection cavity for brain metastases. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*, 2008. 70(1): p. 187-193.
- 29.Muacevic, A., et al., Feasibility, safety, and outcome of frameless image-guided robotic radiosurgery for brain metastases. *Journal of neuro-oncology*, 2010. 97(2): p. 267-274.
- 30.Wang, Z.-z., et al., Brain metastasis treated with Cyberknife. *Chinese medical journal*, 2009. 122(16): p. 1847-1850.
- 31.Wowra, B., A. Muacevic, and J.-C. Tonn, Quality of radiosurgery for single brain metastases with respect to treatment technology: a matched-pair analysis. *Journal of neuro-oncology*, 2009. 94(1): p. 69-77.
- 32.Granovetter, M., Intelligent knife shown to be effective in surgery. *The Lancet Oncology*, 2013. 14(10): p. e392.
- 33.Goble, C., N. Goble, and F. Amoah, Electrosurgery system. 2002, Google Patents.
- 34.Tzafetas, M., et al., The intelligent knife (iKnife) and its intraoperative diagnostic advantage for the treatment of cervical disease. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020. 117(13): p. 7338-7346.

KREDİ KARTI DOLANDIRICILIK TESPİTİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Melike SELİMOĞLU*, Atınç YILMAZ**

ÖZET

Kredi kartları, dünya üzerindeki yaygınlığı ve güçlü altyapısı sayesinde çok kısa bir sürede insanların hayatlarına girmiş ve korkusuzca kullanabilecekleri ödeme aracı haline gelmiştir. Kredi kartlarının sayılarının her geçen gün takip edilmesi zor bir hal alması ve bunun paralelinde işlem hacminin hızla büyümesi, bu pazardan haksız kazanç elde etmek isteyen dolandırıcıları ortaya çıkarmıştır. Günümüzde herhangi bir insanın kredi kartı bilgilerini elde etmenin oldukça kolay hale gelmesi kredi kartı dolandırıcılarının işini kolaylaştırmaktadır. Gelişen teknoloji sayesinde, gerçekleşen hesap hareketleri değişikliğinde zaman ve harcamaların analiz edilmesi ile kötü amaçla elde edilen verilerin kullanıldığı analiz edebilir. Kaggle veritabanından elde edilen Kredi Kartı Dolandırıcılık Teşhis veri seti kullanılarak Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ve Naive Bayes yöntemleri ile modelleme yapılmıştır. Bu çalışmada ki amaç kişilerin kredi kartlarını kullanma zaman aralıklarını analiz ederek yapılan işlemin farklı kişi tarafından yapıldığını tespit etmektir. En yüksek başarı oranı çok katmanlı yapay sinir ağı ile %99,943 elde edilmiştir. Naive Bayes yöntemi ile %98,207 başarı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kredi Kartı dolandırıcılık tespiti, Yapay Sinir Ağı, Naive Bayes, Makine öğrenmesi

*Makalenin Gönderim Tarihi: 03/02/2021 Makalenin Kabul Tarihi: 23/02/2021 Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.873804

*Sorumlu yazar: Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul. melikeselimoglu@gmail.com

**Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul. atincyilmaz@beykent.edu.tr (ORCID ID: 0000-0003-0038-7519)

1. GİRİŞ

Kredi kartları, bankaların hizmette bulunduğu kişilere verdiği, alışveriş noktalarında kullanılan POST cihazları sayesinde ödeme yapılabilmektedir. Aynı zamanda ATM'lerden nakit para çekilebilmektedir. Kredi kartları insanların hayatlarını yapılan harcamaların taksitlendirilmesi konusunda da kolaylaştırmaktadır. Bu sayede insanlar tek seferde ödemek yerine belirli ay sayısına bölerek aylık harcama miktarını azaltmaktadır. [1]

Kredi kartları, dünya üzerindeki yaygınlığı ve güçlü altyapısı sayesinde çok kısa sürede insanların kolayca ve sıkça kullanabilecekleri bir ödeme aracı haline gelmiştir. Bu duruma ek olarak kredi kartlarının kullanım alanlarının artması ve insanların tercih etme nedenlerinin çoğalması ile birçok sorunda beraberinde olmuştur.

İnsanların bu kadar çok kullandıkları kredi kartı, bilgilerinin başka insanların eline geçmesi ve kötü amaçlı kullanılması oluşan sorunların en önemlisidir. Kredi Kartı dolandırıcılıkları, var olan kartın birebir şekilde yeni bir karta kopyalanması ile olabileceği gibi yine var olan kart üzerindeki bilgilerin e-ticaret sitelerinden çalınarak kartın sahibi gibi kullanılması veya içerisinden para aktarılması gibide olabilir.

Dünya üzerindeki bütün ülkeler kredi kartı dolandırıcılığı konusunda büyük finansal kayıplar vermektedir. Bu nedenle çalışmada kredi kartı hareketlerinden elde edilen veriler kullanılarak belirli analizler yapılmakta ve bu analiz sonucunda kredi kartı dolandırıcılığının önüne geçilmek hedeflenmektedir.

1.1 Literatür Araştırması

E. Özbay tarafından 2007 yılında hazırladığı Finans Sektöründe Veri Madenciliği ile Dolandırıcılık Tespiti konulu tezde Saf Bayes Sınıflandırıcı algoritması kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda %72,3077 doğruluk oranı elde edilmişken %27,6923 hata oranı elde edilmiştir. Veri setinde 196 adet veri bulunmaktadır. [2]

B. Adalı tarafından 2012 yılında hazırlanan Kredi Kartı Dolandırıcılığı Saptama Yöntemleri bitirme ödevinde Yapay Sinir Ağı yöntemi kullanarak yaptığı analizde %99,2 doğru sınıflandırma oranını elde etmiştir. [3]

S. Gültekin tarafından 2017 yılında hazırlanan Fiyat Tahmini Tezinde Doğrusal Regresyon algoritması ile Yapay Sinir Ağı algoritması kullanılarak 20 markanın her biri için ayrı değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirmelerin ortalamasını analiz ederek %93 doğruluk oranı elde edilmiştir. [4]

K. Soylu tarafından 2018 yılında hazırlanan Kredi Kartı Sahte İşlem Tespiti tezinde kredi kartı işlem veri kümesi üzerinde çalışılmıştır. Veri kümesinin %70'ini eğitim kümesi ile model eğitilmiş, %30'una karşılık gelen test kümesi ile model başarısı test edilmiştir. Bu verilerin ışığında, derin öğrenme modelinin sahte işlem tespit etme oranı %78,7'dir. Aynı veri kümesi üzerinde Rastgele orman modeli ile de çalışılarak, doğruluk hata oranını 0,00008 olarak tespit etmiştir. [5]

E. Özmen ve T. Özcan tarafından 2019 yılında yayımlanan makalede Finans Sektörü Dolandırıcılık Tespiti üzerine Regresyon Ağacı Yöntemi ve Melez Sınıflandırma kullanarak analiz etmişlerdir. Yapılan çalışmada elde edilen gözlemler sonucunda Matlab platformunun R2014a sürümü ile kullanılacak algoritmanın sonucunun iyi anlaşılabilmesi açısından CART ve GA-CART algoritmaları çözümlenmiştir. CART algoritmasında %64,28 doğruluk oranı verirken, GA-CART algoritmasında %87,95 doğruluk oranı elde edilmiştir. [6]

2. YÖNTEM VE MATERYALLER

Kredi Kartı Dolandırıcılık tespitinin yapılmasında yardımcı olacak veri seti ve kullanılan yöntemler bu bölümde anlatılmıştır.

2.1 Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri seti Kaggle veritabanından elde edilmiştir. Veri setinin özellikleri ve açıklamaları aşağıda belirtilmiştir. [8]

Veri setleri, Avrupa kart sahipleri tarafından Eylül 2013'te kredi kartlarıyla yapılan işlemleri içermektedir. İlgili veri kümesi, iki gün içinde gerçekleşen ve 284.807 işlemden 492'sini dolandırıcılık yapılan işlemleri sunmaktadır. Pozitif sınıf (dolandırıcılık) tüm işlemlerin %0.172'sini oluşturmaktadır.

Yalnızca PCA dönüşümünün sonucu olan sayısal girdi değişkenlerini içerir (Şekil 1). Gizlilik sorunları nedeniyle orijinal özellikleri ve veriler hakkında daha fazla bilgi toplanamamıştır.

- V1, V2, ..., V28 PCA ile elde edilen ana bileşenlerdir.
- PCA ile dönüştürülmemiş özellikler 'Zaman' ve 'Miktar' dir.
- 'Zaman' özelliği, her işlem ile veri kümesindeki ilk işlem arasında geçen saniyeyi içermektedir.
- 'Miktar' özelliği işlem tutarıdır, bu özellik maliyete duyarlı öğrenme için kullanılır.
- 'Sınıf' özelliği yanıt değişkenidir ve dolandırıcılık durumunda 1, aksi takdirde 0 değerini alır.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
0.135807133678	0.0778113308487	2.51634673796914	1.378152427441	0.31832076942518	0.46218777762292	0.2397	0.1191871133486	0.266597205963	0.1664801335321	0.44815407846011	0.06001794922224	0.082360888155687	0.07
1.135845015982	1.301610507474605	1.77320942631150	3.7977699303428	0.5013811318191	1.8004988079263	0.7914	1.0962711522087	0.185216008082891	1.7929331957872	0.86329127503645	0.031008796030821	2.4270310752846	2
2.11583330939523	0.877387948481	1.48717046110	0.4030339395121	0.40719337711653	0.099221624688256	0.5929	7.0.894286820282	0.2815719627654	0.11339221772971	0.271261308804	0.699898595983	1.7218180611275	0.3709
9.0.31826175242575	1.1195931615661	1.0443665517316	0.222187276738206	0.4993080649277	0.1467611006191	0.65158	10.446047814715	1.1763386253096	0.9185981281276	1.375666649994	1.0713816545323	0.6291521389734	1.423
100.3889782118095	0.6161904917847	0.474297870295924	0.09401862967915	2.0054838178383	0.3710271680126	0.47	10.1.24999842053	1.2218368901816	0.3839315182291	1.3484868766892	1.4851947377961	0.753201616566149	0.6894
11.1069378878819	0.28772129331455	0.8286127663428	2.7125242961718	0.17898016248009	0.33764370282968	0.096	12.7.701847629339	0.3177075668061	0.647101665665	1.7674714348088	1.3058484446206	0.807964862632	0.4225
13.1032154328381	0.040296145973447	1.267320889849	1.2890146962552	0.73599713604008	0.28809162976262	0.58	14.5.4012576615825	5.4501478342064	1.1803046143652	1.73621880021095	0.0491058764025	1.76340557365201	1.55973
15.1.492935976862	1.0293457188487	0.45479473374366	1.4380287991702	1.50543410136344	0.209614704357	1.0806	16.0.048047780737	1.38103191300901	1.0022103968013	0.3141979216716	1.19120879454965	0.3010881872952	0.878
17.0.96249696914852	0.3284610200212	0.17147905415064	0.10924906774051	1.390557126894	1.0602319856830	0.377118	18.1.06616824282	0.50120087854101	0.067300314366333	2.8156923494128	0.428804194630708	0.89473516724599	0.2
18.0.2474917283665	0.27766527353081	1.18547084217971	0.092921548857044	1.3849397897709	1.05113991972665	0.2							

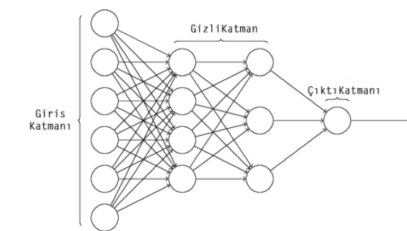
Şekil 1: Veri Seti Parçası

2.2 Yapay Sinir Ağ

Yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme kabiliyeti incelenerek geliştirilmiş bilgi işlem teknolojisidir. Biyolojik nöronlar benzetimi ile ortaya çıkarılmış bir yapay zeka yöntemidir. Bilgisayarın öğrenme yetkisi ve eksik bilgi veya bilgisi olmadığı konu üzerinden yorum ve sonuç üretebilecek bir sistemdir. Yapay sinir ağları belirlenen sayıda yapay sinir hücrelerinin sistematik olarak birleşmesi sonucu ortaya çıkar.[9]

2.2.1 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı

Çalışmada kullanılan algoritmaların biri çok katmanlı yapay sinir ağıdır. Çok katmanlı algılayıcılar (MLP) doğrusal olmayan problemlerin çözülebilmeleri amacıyla ortaya çıkmıştır. Tek katmanlı algılayıcılar sadece doğrusal problemleri çözebilmektedir. Fakat MLP ağları doğrusal olmayan bağlantılar sayesinde doğrusal olmayan problemlerin de çözümünü sağlamaktadır. Birçok farklı çok katmanlı yapay sinir ağı modeli bulunmaktadır. Bu tür ağların bir kısmı denetimli, bir kısmı denetimsiz bir kısmı takviyeli öğrenme prensibi ile çalışmaktadır. MLP sınıflandırma problemlerinde daha iyi çalışmaktadır.[10]



Şekil 2: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı

Şekil 2 de görülen mimarı çok katmanlı olup ilk katman giriş katmanıdır. Giriş katmanında kaç input var ise o kadar nöron olması gerekmektedir. Arada kalan katmanlar gizli katmanlardır. Gizli katmanlar bir veya birden fazla olabilirlerdir. Katmanlarda bulunan nöronları birbirine bağlayan yapıya ağırlık denmektedir. Ağırlık, bağlantılı olduğu nöronun önem durumunu ortaya koyan katsayıdır. Ara katman sayısına modelleyen kişi karar verirlerdir. Son katman ise çıktı katmanıdır.

Çalışmada ki modelde kullanılan yöntemlerden biri çok katmanlı yapay sinir ağıdır. Eğitim'de veri setinin %70 kullanılırken test içinde veri setinin %30'u kullanılmıştır. Maksimum iterasyon sayısı 100' dur. Kullanılan modelde 10 gizli katman bulunmakta iken; her gizli katman için 100'er nöron kullanılmıştır.

2.3 Naive Bayes

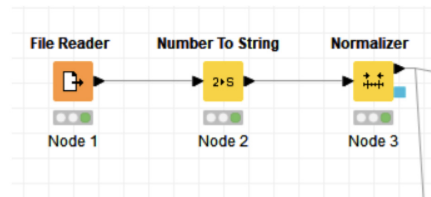
Naive Bayes algoritması olasılık hesaplarına göre belirlenmiş bir sınıflandırma hesaplaması ile sisteme verilen sınıfın yeni kategorisini tespit etmeyi hedeflemektedir.[11]

Naive Bayes yöntemi ulaşılmış istenen hedef etiket ile problemde uygulanan giriş parametreleri arasındaki ilişkiyi tahmin etmeye adapte olan sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntem, bağımsız parametre ve bağımlı parametrelerin kombinasyonunun sıklığını hesaplayarak tahmin için bu olasılıkları kullanır.

Çalışmada ki modelde Naive Bayes yöntemi kullanılmıştır. Modelde eğitim için verinin %70'i kullanılmıştır. Eğitim setindeki veriler ile yapılan olasılık hesapları ile sisteme verilen test verileri tahmin için ayrılan %30'u kullanılarak verinin hangi sınıfta olacağını tahmini yapılmaya çalışılmıştır.

3. UYGULAMA

Çalışmada her iki yöntemin modellenmesi Knime üzerinden gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



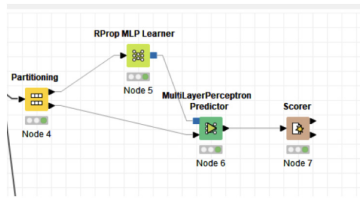
Şekil 3: Knime Modeli

Problem için modellenen çok katmanlı yapay sinir ağları yöntemi ve naive bayes yönteminde kullanılması için öncelikle veriler sayısallaştırılmıştır.

Daha sonrasında ise tüm veriler her iki model için daha verimli çalışma zamanı elde edilmesi için normalize edilmiştir (Şekil 4.)

D_1	D_11	D_12	D_13	D_14	D_15	D_16	D_17	D_18	D_19	D_110	D_111	D_112
0	0.930	0.766	0.881	0.710	0.767	0.268	0.267	0.766	0.479	0.111	0.262	0.6
0	0.936	0.771	0.884	0.712	0.766	0.262	0.261	0.766	0.484	0.105	0.261	0.7
0	0.930	0.763	0.880	0.709	0.762	0.261	0.27	0.768	0.411	0.113	0.262	0.7
0	0.946	0.763	0.880	0.714	0.760	0.269	0.269	0.769	0.413	0.108	0.272	0.7
0	0.930	0.777	0.884	0.717	0.763	0.264	0.269	0.762	0.481	0.104	0.258	0.7
0	0.930	0.777	0.887	0.714	0.760	0.267	0.268	0.769	0.413	0.101	0.262	0.7
0	0.930	0.769	0.858	0.703	0.767	0.268	0.267	0.766	0.479	0.107	0.261	0.6
0	0.949	0.769	0.868	0.711	0.772	0.267	0.272	0.768	0.484	0.105	0.261	0.6
0	0.947	0.777	0.855	0.714	0.764	0.3	0.268	0.765	0.489	0.11	0.243	0.7
0	0.933	0.776	0.856	0.742	0.767	0.261	0.269	0.766	0.417	0.101	0.246	0.7
0	0.965	0.765	0.853	0.701	0.752	0.257	0.257	0.766	0.484	0.102	0.257	0.6
0	0.963	0.774	0.822	0.748	0.765	0.266	0.268	0.761	0.484	0.113	0.27	0.6
0	0.968	0.774	0.844	0.737	0.756	0.275	0.261	0.761	0.391	0.118	0.268	0.6
0	0.976	0.777	0.832	0.772	0.765	0.266	0.263	0.767	0.455	0.118	0.239	0.7
0	0.976	0.764	0.866	0.711	0.763	0.272	0.263	0.765	0.489	0.113	0.236	0.7
0	0.946	0.771	0.873	0.707	0.759	0.262	0.262	0.765	0.488	0.104	0.238	0.6
0	0.977	0.767	0.869	0.709	0.761	0.268	0.267	0.767	0.48	0.107	0.239	0.7
0	0.951	0.777	0.853	0.711	0.772	0.262	0.27	0.766	0.44	0.103	0.263	0.7
0	0.967	0.771	0.869	0.709	0.766	0.248	0.268	0.767	0.463	0.108	0.24	0.7
0	0.984	0.758	0.845	0.708	0.765	0.258	0.259	0.765	0.393	0.143	0.248	0.6
0	0.87	0.765	0.866	0.706	0.764	0.256	0.26	0.766	0.487	0.111	0.248	0.7

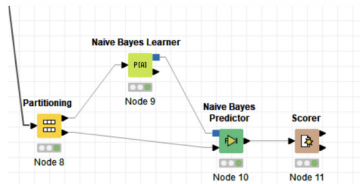
Şekil 4: Normalizer Tablosu Parçası



Şekil 5: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Modeli

Şekil 5'de gösterilen Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı modellemesinde eğitim setinde kullanılması amacıyla veri setinin %70'i kullanılarak geriye kalan %30 veri test amacı için ayrılmıştır. Öğrenme sürecinde maksimum 100 iterasyon gerçekleştirilmiştir. Çok katmanlı yapay sinir ağı modelinde 10 gizli katman, ve her gizli katman içerisinde 100 nöron bulunmaktadır. Eğitim süreci tamamlandıktan sonra belirlenen parametreler üzerinden test setine uygulayarak sistem güvenilirliği test edilmiştir.

Şekil 6' de gösterilen Naive Bayes modellemesi için veri setinin %70'i eğitim için kullanılırken geriye kalan %30'u da test de kullanılmıştır. Naive Bayes öğrenimi için default olasılık 0.0001, minimum standart sapma 0,0001 almıştır. Daha sonra ise test seti üzerinden Naive Bayes modeli sınanmıştır.



Şekil 6: Naive Bayes Modeli

4. BULGULAR

Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı modellemesinde doğruluk oranı %99,943 elde edilirken hata oranı %0,057 olarak elde edilmiştir (Şekil 7).

Aynı problem Naive Bayes yöntemi ile modellendiğindeki doğruluk oranı %98,207 iken hata oranı %1,793 olarak tespit edilmiştir (Şekil 8).

Confusion Matrix - 3:7 - Scorer

Class \ Pre...	0	1
0	85271	20
1	29	123

Correct classified: 85.394 Wrong classified: 49
Accuracy: 99,943 % Error: 0,057 %
Cohen's kappa (κ) 0,834

Şekil 7: Yapay Sinir Ağı Sonucu

Confusion Matrix - 3:... - Scorer

Class \ Pre...	0	1
0	83786	1507
1	25	125

Correct classified: 83.911 Wrong classified: 1.532
Accuracy: 98,207 % Error: 1,793 %
Cohen's kappa (κ) 0,138

Şekil 8: Naive Bayes Sonucu

Çok katmanlı yapay sinir ağı modelinde doğru pozitif sayısı 123 (80%), yanlış pozitif sayısı ise 29 (%20)'dur. Doğru negatif sayısı 85271 (%99) iken, yanlış negatif sayısı 20 (%1)'dir.

Naive bayes yöntemi modelinde ise doğru pozitif sayısı 125 (83%), yanlış pozitif sayısı ise 25 (%17)'dir. Doğru negatif sayısı 83786 (%98) iken, yanlış negatif sayısı 1507 (%2)'dir.

5. SONUÇ

Kaggle veritabanından elde edilen Kredi Kartı Dolandırıcılık Tespiti veri seti kullanılarak Knime platformu üzerinde bir analiz yapılmıştır. Yapılan analizde Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ve Naive Bayes algoritmaları kullanılmıştır. Tablo 1' de iki yöntemin performans sonuçları gösterilmektedir.

Yöntem Adı	Doğruluk	Hata
Yapay Sinir Ağı	%99,943	%0,057
Naive Bayes	%98,207	%1,793

Tablo 1: Sonuçlar

Elde edilen sonuçlar ışığında iki algoritmanın çok iyi sonuçlar çıkarmasının yanı sıra bu çalışma için Yapay Sinir Ağı algoritmasının Naive Bayes algoritmasından daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan veri setinin büyüklüğü doğrultusunda elde edilen doğruluk oranlarının kullanılabilirliği ve güvenilirliği literattirdeki benzer çalışmalardan daha yüksektir.

Bu çalışmayı geliştirmek için Veri Madenciliği'nde kullanılan diğer algoritmalar ile test edilebilir. Böylelikle çıkan oranlar karşılaştırılabilir ve Yapay Sinir Ağından daha iyi bir sonuç elde edilebilirliği kontrol edilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] KAYA F. “Türkiye’de Kredi Kartı Uygulaması” (No.263), İstanbul: Türkiye Bankalar Birliği, 2009
- [2] ÖZBAY E. , “Finans Sektöründe Veri Madenciliği ile Dolandırıcılık Tespiti” (Doctoral Dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 2007
- [3] ADALI B.“Kredi Kartı Dolandırıcılığı Saptama Yöntemleri” (Dissertation, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi), Haziran 2012
- [4] GÜLTEKİN S. U. “Yapay Sinir Ağı ve Doğrusal Regresyon Yöntemleri İle Fiyat Tahmini” (Master’ thesis, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü) Ağustos 2017
- [5] SOYLU K.“Kredi Kartı Sahte İşlem Tespiti” 2018
- [6] ÖZMEN E. P. , ÖZCAN T. , “Finans Sektöründe Dolandırıcılık Tespiti Üzerine Melez Sınıflandırma ve Regresyon Ağacı Uygulaması” Cilt5, Sayı2, Sayfa12-20, 2019
- [8] Credit Card Fraud Detection Dataset, <https://www.kaggle.com/mlg-ulb/creditcardfraud> (09.12.2020)
- [9] BİLGİN M. , YILMAZ A. , Makine Öğrenmesi, Papatya Bilim, 2018
- [10] ŞENGÜR D. , TEKİN A. , Öğrencilerin Mezuniyet Notlarının Veri Madenciliği Metotları ile Tahmini, Bilişim Teknolojileri Dergisi, Sayı3, Cilt6, 2013
- [11] YILMAZ A. , R Programlama, Kodlab, 2020.

BIYOBENZER İLAÇLAR

Çağla KÜÇÜK*,Özlem Ateş Duru**,Esra Cansever Mutlu***,
Hande Kazak Sarılmışer****

ÖZET

Biyobenzer ilaçlar, saflık, güvenlik ve etkinlik açısından referans kaynağından klinik olarak anlamlı farklılıklara sahip olmayan lisanslı biyolojiklere (referans biyolojikler) oldukça benzer olduğu gösterilen biyolojikler olarak tanımlanmaktadır. Biyobenzerler, biyolojik kaynaklı ilaçlarla tedavisi olan hastalıklar açısından alternatif ilaçlar olarak üretilmektedir. Bu sayede kanser gibi spesifik hastalıklara yönelik tedaviler çeşitlilik kazanmaktadır. Örneğin meme kanseri için kullanılan biyobenzerler geliştirildikçe gelecekte bu hastalığın tedavilerine erişilebilirlik artacaktır ve bu gelişmeler de anti-HER2 ve anti-VEGF tedavisinin daha yaygın kullanımına olanak sağlayacaktır. Meme kanseri tedavisinde kullanılan Trastuzumab için, Avrupa patenti 2014'te, ABD patenti 2019'da sona ermiştir. Patent sürelerinin dolması bu biyobenzer ilaçların geliştirilmesini hızlandırmıştır. Bu derlemede öncelikle biyobenzerler hakkında genel bilgiler aktarılmış ve Göğüs/Meme kanseri için kullanılan biyobenzerler hakkında ayrıntılı tartışma gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Biyolojik ilaçlar, Biyobenzerler, Meme Kanseri, Trastuzumab, Monoklonal Antikor(mAb)*

*Makalenin Gönderim Tarihi: 04/02/2021, Makalenin Kabul Tarihi: 28/02/2021 Makale Türü: Araştırma

DOI: 10.20854/bujse.873028

****Sorumlu yazar: Nişantaşı Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, İstanbul

*Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

**Nişantaşı Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul (ORCID ID: 0000-0001-8961-5113)

***Beykent Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, İstanbul

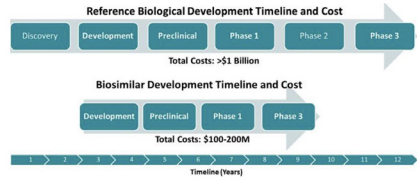
GİRİŞ

Biyolojik ilaçlar, canlı hücreler gibi biyolojik bir kaynaktan elde edilen aktif maddeler içerir ve bu ürünlerin moleküler yapıları büyük ve çok karmaşıktır.¹⁻³ Biyobenzerler de canlı ve rekombinant hücreler tarafından çok adımlı bir üretim süreciyle üretilen oldukça karmaşık protein esaslı terapötiklerdir.⁴ Bununla birlikte, küçük moleküllü ilaçların jeneriklerinden farklı olarak biyobenzerler referans ürünleriyle birebir aynı değildir, çünkü farklı üreticiler farklı hücre dizileri kullanarak üretim ve saflaştırma süreçlerinde farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar biyobenzerlerde referansa kıyasla küçük yapısal farklılıklara yol açar.⁵ Biyobenzer ve referans biyolojik ilaçların kalite profilleri, fizikokimyasal ve fonksiyonel kritik kalite özelliklerine (CQA-Critical Quality Attributes), proses koşullarına büyük ölçüde bağlıdır. Özellikle hücreleri hedef alan ilaçlar hücreler için oldukça hassastır. Bu yüzden referans alınan biyolojige en yakın biyobenzerin üretilmesi büyük önem arz eder.^{2,6}

Biyobenzerler, lisanslı biyolojik ilaçları referans alan, resmi olarak FDA [U.S. Food and Drug Administration: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi], EMA [European Medicines Agency: Avrupa İlaç Ajansı] tarafından onaylanan versiyonlardır.^{1,7,8} Biyobenzerlerin referans aldığı biyolojik için yapılan tüm araştırmalar yapılarak kalite, güvenlik ve etkinlik bakımından benzerliği kanıtlanmalıdır. Biyobenzerler referans ürünleriyle aynı amino asit sekanslarına sahip olsalar da 3 boyutlu yapı, glikosilasyon bölgeleri, izomer profilleri ve protein agregasyonu bakımından farklılık gösterirler.^{9,10} Bunlarla birlikte biyobenzerler, biyolojilere kıyasla daha kısa bir onay sürecine sahiptir ve geliştirme maliyetleri biyolojik ilaçların geliştirme maliyetinin %10-%20'si kadar olabilir.¹¹ Biyolojikler ve biyobenzerlerin geliştirilme aşamalarındaki farklılıklara bağlı olarak ortaya çıkan bu durum Şekil 1'de özetlenmiştir. Biyobenzer onay yolu, referans biyolojik ilacın standart onay yolundan farklılık göstermektedir ve bu da maliyeti etkilemektedir. Standart biyolojik ilaçların onay yolu moleküllerin geliştirilmesinden 3. aşamaya kadar yaklaşık 12 yıldır. Standart biyolojik ilaçların onay yolunu izleyen moleküller, New Drug Application (IND) olarak sunulur, güvenlik verilerinin toplanması ve doz aralığının saptanması için 1. aşamaya girer. Bu aşamadan başarılı olarak geçerse 2. aşama, yani moleküllerin etkinliğinin hastalarda belirlendiği ve yan etki profilinin araştırıldığı aşamaya geçilir. Bu aşama da başarı ile tamamlandıktan sonra etkinliğinin ve yan etkilerinin daha geniş bir hasta popülasyonunda değerlendirildiği 3. aşamaya ilerlenir. Biyobenzer ilaç molekülleri, böylelikle, kısaltılmış bir düzenleyici yol izler. Buradaki en önemli etken biyobenzer ile referans

ürün arasında iyi bir karşılaştırılabilirlik (comparability) çalışmasının yapılmış olmasıdır. Geniş ve detaylı bir karşılaştırılabilirlik programı ile klinik çalışmalar nispeten kısaltılabilir.¹²

Biyobenzerler, referans ürünün özelliklerine sahip pazarlanan moleküllerin benzerleri olduğu için, herhangi bir keşif aşaması veya moleküllerin ilk etkinliklerinin gözlemlenmesi gerekmez (aşama 2 gerekmez), bu nedenle geliştirme yolu 8 yıla veya daha azına kısaltılır.⁷ Bu durum her ülkenin ilaç pazarına yaptığı harcamaya etki eder. Aynı zamanda doktorlar için hastalara uygulanabilecek tedavi çeşidinde alternatif sağlar.¹³



Şekil 1. Biyolojik ilaç geliştirme ve biyobenzer ilaç geliştirme aşamalarının karşılaştırılması.⁷

Biyobenzerlerin düzenleyici onay süreçlerindeki küresel farklılıklar Tablo 1'de listelenmiştir.¹⁴ Küresel olarak, biyobenzerlerin geliştirilmesi ve onaylanmasına yönelik düzenleyici beklentiler tamamen uyumlu değildir. Biyobenzerlerin kabul mevzuatı ve rehberi bölgesel ve ülkeye özgü olarak geliştirme ve uygulamanın farklı aşamalarda. Sonuç olarak, referans ürünün seçimi, terminoloji ve analitik, klinik olmayan veya klinik karşılaştırmalı çalışmaların tasarımı dahil olmak üzere biyobenzer geliştirilmesinin belirli yönlerinde küresel uyum yoktur. Bununla birlikte yasal gereklilikler üzerine küresel anlaşma, dünya çapında biyobenzerlerin geliştirilmesini ve üretimini optimize edecek şekilde geliştirilmeye çalışılmıştır.

Düzenleyici kurum	Tanım ve temel kriterler
EMA (EMA, 2015)	EEA'ya halihazırda izin verilen bir ürünün (referans tıbbi ürün) etkin maddesinin bir versiyonuna içeren biyolojik bir tıbbi ürün
FDA (FDA, 2015)	Klinik olarak aktif olmayan bileşenlerdeki küçük farklılıklara rağmen ABD lisanslı bir referans ürüne oldukça benzer olan ve biyolojik ürün ile referans ürün arasında güvenlik, saflık ve etki açısından klinik olarak anlamlı farklar bulunmayan biyolojik bir ürün
WHO (WHO, 2016)	Halihazırda lisanslı bir referans ürüne kalite, güvenlik ve etkinlik açısından benzer bir biyoterpötik ürün

(EMA, European Medicines Agency; FDA, Food and Drug Administration; WHO, World Health Organization; EEA, European Economic Area).

Günümüz Biyobenzerleri

Ülkelere göre biyobenzer tanımları değişiklik göstermektedir. Tablo 2'de ülkelere göre güncel tanımlar listelenmiştir.^{15, 16} Özünde biyobenzerlerin onaylanması, oldukça düzenlenmiş ve ayrıntılı bir süreçtir. Bu süreçteki ortak kriter bir biyobenzerin, biyobenzer olarak kabul edilebilmesi için, herhangi bir hastada referans ürünle aynı klinik sonucu vermesinin beklenmesi ve istenen ek gereksinimleri karşılaması gereksinimidir.¹⁷

Tablo 2. Farklı kurumlara göre biyobenzer tanımları. (EMA, European Medicines Agency; FDA, Food and Drug Administration; WHO, World Health Organization)

Ülke/Ajans	Tanım
EMA	Biyobenzer tıbbi ürün: Yeni biyobenzer tıbbi ürünün ve seçilen referans tıbbi ürünün kalite, güvenlik ve etkinlik açısından benzer doğasını doğrulayan kanıtlar üretmek ve karşılaştırılabilirlik için çalışmalar ihtiyaç duyulan biyolojik ilaç versiyonudur.
FDA	Biyolojik referans ürün: Biyolojik ürün, klinik olarak inaktif bileşenlerdeki kabul farklılıklarıyla referans ürüne oldukça benzerdir ve biyolojik ürün ile referans ürün arasında güvenlik, saflık ve etki açısından klinik olarak anlamlı farklar yoktur.
WHO	Benzer biyoterapötik ürün: Kalite, güvenlik ve etkinlik açısından hali hazırda lisanslı bir referans biyoterapötik ürüne benzer bir biyoterapötik üründür.
Kore Cumhuriyeti	Biyobenzerler: Kalite, güvenlik ve etkinlik açısından onaylanmış bir referans ürüne eşdeğerliğini gösteren biyolojik bir üründür.
Hindistan	Biyobenzerler, aktif maddeleri olarak iyi karakterize edilmiş proteinler içerir. Benzerliğin gösterilmesi, ayrıntılı ve kapsamlı ürün karakterizasyonuna ve bir referansa karşılaştırılarak gerçekleştirilen klinik öncesi ve klinik çalışmalara bağlıdır.
Rusya	Biyobenzerleri tanımlamaz, geliştirme ve onay için yeni ilaçlar olarak kabul edilirler

EMA, 2015 yılında biyobenzerlerin merkezi bir onay alması gerektiğini ortak karar alarak kabul ederek biyobenzer onaylama ve ruhsatlandırma için FDA ile ortak çalışmalar yürütmüş ve piyasadaki çalışmalar için liderlik etmiştir.^{6, 15} Bu çalışmalar sonucunda biyobenzerler için üç aşamalı bir geliştirme tasarlanarak karşılaştırmalı yaklaşım adı verilmiştir.^{6,18}

Karşılaştırma yaklaşımın üç aşaması aşağıda verilmektedir.

1. Karşılaştırmalı kalite çalışması: Fiziksel ve kimyasal analiz özelliklerinin ve fonksiyonel biyolojik özelliklerin değerlendirilmesi.
2. Farmakodinamiğin klinik olmayan karşılaştırmalı çalışması ve toksikoloji çalışmaları.
3. Farmakokinetik, etkinliğin karşılaştırmalı klinik çalışması, güvenlik ve immünojenitenin değerlendirilmesi yapılmasına karar verilmiştir.¹⁹⁻²¹

Bazı ülkeler biyobenzer ilaç üretimi için EMA'nın 3 aşamalı prosedürünü kabul ederken bazı ülkeler bu prosedür sayısını artırmaktadır. Örneğin Hindistan biyobenzer ilaç üretiminde 5 adımlı bir prosedür izlemektedir. Biyobenzer ilaç üretiminde takip edilecek yönergeler teknoloji geliştikçe güncellenerek uygulanmaya devam etmektedir. Fakat bu yönergeler ne kadar değişirse değişsin üretim kılavuzunda 3 şeyi barındırmalıdır;

1. Yüksek biyobenzerliği gösteren analitik çalışmaları,
2. Toksikite değerlendirmesi için hayvan çalışmalarını,
3. Güvenlik, etkililik ve immünojenite değerlendirmeye yönelik klinik çalışmaların referans biyolojik ile karşılaştırılmasını içermelidir.^{7, 18, 22}

Tablo 3. Avrupa İlaç Ajansı (EMA) ve ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanan ve meme kanseri tedavisinde kullanılabilen biyobenzerler (Ağustos 2018).^{5,37}

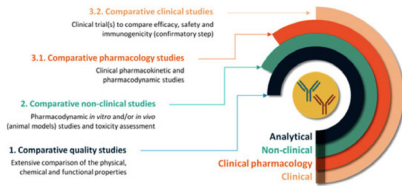
ABD Marka	Referans Tıbbi İlaç Üretici	Biyobenzer Tıbbi İlaç Üreticisi	Yeni Veri
EMA			
Abiraterone / Mifepriston / Placebo / Docetaxel & Ca. AD			
apixian-ara	Eli Lilly / Janssen-Cilag / Phoenix-Danish	Roche / Novartis-Danish	050907
		Eli Lilly / Novartis / Phoenix-Danish	050907
apixian-ara	Eli Lilly / Janssen-Cilag / Phoenix-Danish	Roche / Novartis / UK Limited	020907
		Novartis / AstraZeneca / UK	020907
Filgrastim	Novartis / Amgen Europe BV	Novartis / Novartis UK Ltd	050908
		Roche / Novartis / UK Limited	050908
		Zeneca / Sanofi-Danish	020909
		Filgrastim / Novartis / UK Ltd	020909
		Novartis / Novartis UK Ltd	050910
		Novartis / Amgen Europe BV	050913
bevacizumab	AstraZeneca / Novartis / Amgen Europe BV	AstraZeneca / AstraZeneca Ltd	050914
		Novartis / Amgen Europe BV	050916
Trastuzumab	Herceptin / Roche / Kabi-Danish	Celltech / Celltech / Novartis / AstraZeneca	020918
		Novartis / Amgen Europe BV	050918
FDA			
apixian-ara	Eli Lilly / Pharsis / Amgen Inc	Roche / Novartis / IBC	050918
Filgrastim-ara	Novartis / Amgen Inc	Zeneca / Sanofi-Danish	020918
Neupogen-ara	Novartis / Amgen Inc	Novartis / Novartis / IBC	050918
Trastuzumab-ara	Herceptin / Novartis Inc	Roche / Novartis-Danish	020918

Biyobenzerlerin Önemi

Biyobenzerlerin önemi kanser gibi yaygın bir hastalık çerçevesinden incelenebilmektedir. Rituximab, bevacizumab ve trastuzumabın biyobenzerleri gibi birçok monoklonal antikor (mAb) biyobenzerleri antikanser tedavilerinde giderek daha fazla kullanılabilir hale gelmektedir.²³⁻²⁷ Monoklonal antikorlar (mAb)'ler, kötü huylu hücrelerde ve tümör mikro ortamlarında spesifik hücresel hedeflere sahip biyolojiklerdir.²⁸ mAb'lar kanser ve otoimmün hastalıklar için kullanılmaktadır.

En yaygın olarak kullanılanları bevacizumab [Avastin], trastuzumab [Herceptin] ve rituximab [Rituxan]'dır.^{17, 24} Ayrıca Trastuzumab genel kanser kemoterapisi ile birlikte erken HER2 pozitif meme kanseri ve metastatik mide kanseri için de kullanılmaktadır.^{17, 24, 29, 30} Trastuzumab referans ürününün patentleri Avrupa Birliği (AB) ve ABD'de (sırasıyla 2014 ve 2019) kısa süre önce sona ermiştir.³¹⁻³³

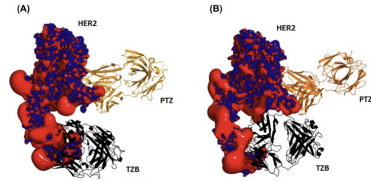
Bunla birlikte alternatif olarak firmalar biyobenzer ilaç geliştirme çalışmalarını hızlandırmışlardır.³⁴ Meme kanseri için insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2 (HER2) pozitifliği yüksek dereceli histoloji, lenf nodu tutulumu, daha yüksek hastalık nüksetmesi ve mortalite oranları ile ilişkisi nedeniyle kötü prognoz çerçevesi oluşturmaktadır.³⁵ Meme kanserine karşı bir monoklonal antikor olan trastuzumab (Herceptin Roche/ Genentech GmbH), bu hastalığın doğal seyirini değiştiren ve HER2 proteinini hedefleyen etkili bir ilaçtır.^{5, 35, 36} Trastuzumab biyobenzerinin yanı sıra tedavide, tümör anjiyogenezini bloke edebilen bevacizumab (vasküler endotelial büyüme faktörünü bağlayan bir monoklonal antikor – VEGF) da kullanılmaktadır.^{24, 32} Günümüzde, mAb'lerden trastuzumab ve pertuzumab dahil olmak üzere birçok anti-HER 2 ajanı klinik olarak kullanılmaktadır. Trastuzumab insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2 (HER2) -pozitif metastatik meme kanseri için bir monoterapi, kemoterapi veya hormon tedavisi ile birlikte kullanılabilir.^{17, 35} Bunlarla birlikte FDA ve EMA tarafından onaylanan trastuzumab biyobenzerleri hastalık tedavisini daha erişilebilir bir hale getirmişlerdir.³⁵ Meme kanseri tedavisi, ek tedavi veya tedaviyle ilişkili yan etkilerin önlenmesinde belirtilen günümüzde kullanılmakta olan EMA ve FDA'den 2018'e kadar onaylı biyobenzerler Tablo 3. de verilmektedir.^{32, 37} Trastuzumab biyobenzerinin referans ürününe benzeyen biyobenzerliğini göstermek için gereken karşılaştırılabilirlik alıştırmasının aşamalı süreci ise Şekil 2. de görülmektedir.^{37, 38} Her adımda gerekli olan verilerin kapsamı ve niteliği, önceki adımlarda elde edilen sonuçlara bağlıdır, böylece klinik verimlilikteki herhangi bir farklılık önlenmektedir. FDA ve EMA tarafından biyobenzer geliştirilmesine yönelik aşamalı bir yaklaşıma atıfta bulunulmuştur.



Şekil 2. Bir trastuzumab biyobenzerinin referans ürününe benzeyen biyobenzerliğini göstermek için gereken karşılaştırılabilirlik alıştırmasının aşamalı süreci.³⁷

Trastuzumab, SB3, kemoterapi ile neoadjuvan tedavi olarak uygulandığında ve adjuvan olarak devam ettiğinde tümör küçülmesi, nüks ve hayatta kalma açısından tedaviye faydalar sağlamaktadır ve adjuvan

tedavi olarak uygulandığında³⁹, insan epidermal büyüme faktörü reseptörü 2 (HER2) -pozitif erken evre meme kanseri için çok etkili olduğu görülmüştür.^{31, 40, 41} Trastuzumab ve pertuzumab ile ikili blokaj afinitesinden faydalanarak HER2+ meme kanseri hastalarının tedavisinde kullanılmak için onaylanmıştır.⁴²⁻⁴⁴ Yapılan simülasyonlarla, pertuzumab ve trastuzumab klinik sinerjizminin, kısmen HER2 üzerinde birlikte lokalize olduklarında iki antikor arasındaki işbirlikçi etkileşimlerden kaynaklanan bir afinite etkisi ile blokaj yaptığı ileri sürülmüştür.^{24, 45} Şekil 3. de bu afinite simülasyonunu verilmektedir.



Şekil 3.

Neoadjuvan tedavide tümör kütesini küçültmek ameliyat etmeye olanak sağlamasının yanında, kanserli dokunun normal dokudan daha kolay ayırt edilmesini de sağlamaktadır. Adjuvan kemoterapi ameliyat sonrası kanserin tekrarlama ihtimalini azaltıcı koruyucu bir uygulamadır. Neoadjuvan-adjuvan tedavisi uygulanan HER2-pozitif erken meme kanserinde SB3 (önerilen bir trastuzumab biyobenzeri) ve trastuzumab referans ürününe karşılaştıran bir faz III çalışmasında Xavier Pivot, ve arkadaşları, tarafından nihai güvenlik, immünojenite ve hayatta kalma sonuçlarını detaylı incelenmiştir.^{40, 46, 47}

Bir Trastuzumab biyobenzeri olan SB3'ün biyolojik karakterizasyonu ve referans ürün özelliklerindeki değişikliklerinin değerlendirilmesi yapılırken örnek olarak geçtiği aşamalar aşağıda verilmiştir.

- o Hücre Hatları ve Hücre Kültürü çalışmaları.
- o Anti-proliferasyon Deneyi.
- o Antikor Bağımlı Hücre Aracılı Sitotoksinite (ADCC) Testi
- o HER2 Bağlanma Deneyi
- o HER2 Hücre Dışı Alan (ECD) Dökülme Ölçümü
- o Antikor Bağımlı Hücre Aracılı Fagositoz (ADCP)
- o Akt Fosforilasyon Ölçümünün Engellenmesi
- o HER2 / HER3 Dimerizasyonu
- o Apoptoz
- o C1q Bağlanma Deneyi
- o FcRn Bağlanma Deneyi

- o FcγRIa Bağlanma Deneyi
- o FcγRIIa Bağlanma Deneyi
- o FcγRIIb Bağlanma Deneyi
- o FcγRIIIa Bağlanma Deneyi
- o 2-Aminobenzamid Etiketleme ve HILIC-UPLC

Analizi ile Glikosilasyon Profili belirlenmesi çalışmaları yapılarak referans ürün ile karşılaştırılması gerçekleştirilmektedir.^{48,49}

Bu aşamalarla beraber bir biyobenzerin risk değerlendirmesi ve CQA sınıflandırması yapılır.

Lee Jae Hee ve ekip arkadaşları SB3'ün biyolojik aktivitesi için kalite hedefinin belirlenmesi için çalışmaları da gerçekleştirmiştir.⁴⁸

SONUÇ

Biyobenzerlerin önemi kullanıldığı hastalıklarda sağladığı tedavi alternatifleri ile her geçen gün artmaktadır. Biyolojik ilaçlara ulaşımın zorluğu ve ekonomik kaygılar sebebi ile hastalıkların tedavisini sınırlarken biyobenzerler bu sınırları yıkmayı belli bir seviyede başarmıştır. Biyolojik ilaçların patent sürelerinin dolması ile biyolojik ilaçların yerini almasının kolaylaştırılması için EMA, FDA ve WHO gibi kuruluşlar tarafından kılavuzların oluşturulması ile bu alana destek her geçen gün artmaktadır. SB3, SB2 gibi biyobenzerlerin meme, mide vb. kanserlerde kullanımı ve romatoid artrit, osteoporoz ve gen tedavisi gibi önemli hastalıklarda da kullanımı artmaktadır.^{50,51} Özellikle spesifik hastalıkların tedavisinde kullanılacak bu ilaçların geliştirilmesi için çalışmalar global olarak hızla devam etmektedir. Bu alanda çalışan Türk bilim insanları da çalışmaları ile bu alana birçok katkı sağlamaktadır ve yerli biyobenzer çalışmalarını TÜBİTAK başta olmak üzere belli kuruluşlar tarafından devam ettirilmektedir. Bu alanda yerli olarak çalışmaların yürütülmesi çok önemlidir.

KAYNAKÇA

- [1]. Stîle, A.; Jørgensen, F.; Horák, P.; Peppard, J.; Kohl, S., Biosimilar medicines. *European Journal of Hospital Pharmacy* 2019, 26 (2), 117-118.
- [2]. Camacho, L. H.; Frost, C. P.; Abella, E.; Morrow, P. K.; Whittaker, S., Biosimilars 101: considerations for US oncologists in clinical practice. *Cancer medicine* 2014, 3 (4), 889-899.
- [3]. Cazap, E.; Jacobs, I.; McBride, A.; Popovian, R.; Sikora, K., Global acceptance of biosimilars: Importance of regulatory consistency, education, and trust. *The oncologist* 2018, 23 (10), 1188.
- [4]. Bellinvia, S.; Edwards, C. J., Explaining biosimilars and how reverse engineering plays a critical role in their development. *Expert Opinion on Drug Discovery* 2020, 1-7.
- [5]. Migliavacca Zucchetti, B.; Nicolò, E.; Curigliano, G., Biosimilars for breast cancer. *Expert opinion on biological therapy* 2019, 19 (10), 1015-1021.
- [6]. Schiestl, M.; Ranganna, G.; Watson, K.; Jung, B.; Roth, K.; Capsius, B.; Trieb, M.; Bias, P.; Maréchal-Jamil, J., The Path Towards a Tailored Clinical Biosimilar Development. *BioDrugs* 2020, 34 (3), 297.
- [7]. Agbogbo, F. K.; Ecker, D. M.; Farrand, A.; Han, K.; Khoury, A.; Martin, A.; McCool, J.; Rasche, U.; Rau, T. D.; Schmidt, D., Current perspectives on biosimilars. *Journal of industrial microbiology & biotechnology* 2019, 46 (9-10), 1297-1311.
- [8]. Leung, L. K.; Mok, K.; Liu, C.; Chan, S. L., What do oncologists need to know about biosimilar products? *Chinese journal of cancer* 2016, 35 (1), 91.
- [9]. Kadam, V.; Bagde, S.; Karpe, M.; Kadam, V., A comprehensive overview on biosimilars. *Current Protein and Peptide Science* 2016, 17 (8), 756-761.
- [10]. Lyman, G. H., Emerging opportunities and challenges of biosimilars in oncology practice. *American Society of Clinical Oncology*: 2017.
- [11]. Kim, Y.; Kwon, H.-Y.; Godman, B.; Moorkens, E.; Simoons, S.; Bae, S., Uptake of Biosimilar Infliximab in the UK, France, Japan, and Korea: Budget Savings or Market Expansion Across Countries? *Frontiers in Pharmacology* 2020, 11.
- [12]. Administration, U. F. a. D. Silver Spring (MD): US Department of Health and Human Services. <https://www.fda.gov/Drugs/DevelopmentApprovalProcess/HowDrugsareDevelopedandApproved/ApprovalApplications/TherapötikBiologicApplications/Biosimilars/ucm580429.htm#abbr>
- [13]. Bielsky, M.-C.; Cook, A.; Wallington, A.; Exley, A.; Kausser, S.; Hay, J. L.; Both, L.; Brown, D., Streamlined approval of biosimilars: moving on from the confirmatory efficacy trial. *Drug Discovery Today* 2020.
- [14]. Kirchhoff, C. F.; Wang, X. Z. M.; Conlon, H. D.; Anderson, S.; Ryan, A. M.; Bose, A., Biosimilars: key regulatory considerations and similarity assessment tools. *Biotechnology and Bioengineering* 2017, 114 (12), 2696-2705.
- [15]. Sharma, A.; Kumar, N.; Kuppermann, B. D.; Bandello, F.; Loewenstein, A., Understanding biosimilars and its regulatory aspects across the globe: an ophthalmology perspective. *British Journal of Ophthalmology* 2020, 104 (1), 2-7.

- [16]. Declerck, P.; Danesi, R.; Petersel, D.; Jacobs, I., The language of biosimilars: clarification, definitions, and regulatory aspects. *Drugs* 2017, 77 (6), 671-677.
- [17]. Konstantinidou, S.; Paspiliou, A.; Kokkotou, E., Current and future roles of biosimilars in oncology practice. *Oncology Letters* 2020, 19 (1), 45-51.
- [18]. Li, J.; Florian, J.; Campbell, E.; Schriber, S. J.; Bai, J. P.; Weaver, J. L.; Hyland, P. L.; Thway, T. M.; Matta, M. K.; Lankapalli, R. H., Advancing biosimilar development using pharmacodynamic biomarkers in clinical pharmacology studies. *Clinical Pharmacology and Therapeutics* 2020, 107 (1), 40.
- [19]. Edwards, C. J.; Bellinva, S., Biosimilars. *Lupus* 2020, 29 (6), 525-532.
- [20]. Hung, A.; Vu, Q.; Mostovoy, L., A systematic review of US biosimilar approvals: what evidence does the FDA require and how are manufacturers responding? *Journal of managed care & specialty pharmacy* 2017, 23 (12), 1234-1244.
- [21]. Wolff-Holz, E.; Tiitso, K.; Vlemingx, C.; Weise, M., Evolution of the EU biosimilar framework: Past and future. *BioDrugs* 2019, 1-14.
- [22]. Cohen, H. P.; McCabe, D., The Importance of Countering Biosimilar Disparagement and Misinformation. *BioDrugs* 2020, 34 (4), 407-414.
- [23]. Yang, J.; Yu, S.; Yang, Z.; Yan, Y.; Chen, Y.; Zeng, H.; Ma, F.; Shi, Y.; Shi, Y.; Zhang, Z., Efficacy and safety of anti-cancer biosimilars compared to reference biologics in oncology: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BioDrugs* 2019, 1-15.
- [24]. Pimentel, F. F.; Morgan, G.; Tiezzi, D. G.; de Andrade, J. M., Development of new formulations of biologics: expectations, immunogenicity, and safety for subcutaneous trastuzumab. *Pharmaceutical medicine* 2018, 32 (5), 319-325.
- [25]. Nixon, N.; Hannouf, M.; Verma, S., The evolution of biosimilars in oncology, with a focus on trastuzumab. *Current Oncology* 2018, 25 (Suppl 1), S171.
- [26]. Patel, K. B.; Arantes Jr, L. H.; Tang, W. Y.; Fung, S., The role of biosimilars in value-based oncology care. *Cancer management and research* 2018, 10, 4591
- [27]. Pivot, X.; Petit, T., Can we establish a hierarchy among trastuzumab biosimilar candidates? *Nature Publishing Group*: 2018.
- [28]. Geskin, L. J., Monoclonal antibodies. *Dermatologic clinics* 2015, 33 (4), 777-786.
- [29]. Trapani, D.; Curigliano, G., How can biosimilars change the trajectory of breast cancer therapy? *Taylor & Francis*: 2020.
- [30]. Lamb, Y. N., SB3 (Ontruzant®): a trastuzumab biosimilar. *BioDrugs* 2018, 32 (3), 293-296
- [31]. Lüftner, D.; Lyman, G. H.; Gonçalves, J.; Pivot, X.; Seo, M., Biologic Drug Quality Assurance to Optimize HER2+ Breast Cancer Treatment: Insights from Development of the Trastuzumab Biosimilar SB3. *Targeted oncology* 2020, 1-9.
- [32]. Blackwell, K.; Gligorov, J.; Jacobs, I.; Twelves, C., The global need for a trastuzumab biosimilar for patients with HER2-positive breast cancer. *Clinical Breast Cancer* 2018, 18 (2), 95-113.

- [32]. Blackwell, K.; Gligorov, J.; Jacobs, I.; Twelves, C., The global need for a trastuzumab biosimilar for patients with HER2-positive breast cancer. *Clinical Breast Cancer* 2018, 18 (2), 95-113.
- [33]. Serna-Gallegos, T. R.; La-Fargue, C. J.; Tewari, K. S., The ecstasy of gold: patent expirations for trastuzumab, bevacizumab, rituximab, and cetuximab. *Recent patents on biotechnology* 2018, 12 (2), 101-112.
- [34]. Miller, E. M.; Schwartzberg, L. S., Biosimilars for breast cancer: a review of HER2-targeted antibodies in the United States. *Therapeutic Advances in Medical Oncology* 2019, 11, 1758835919887044.
- [35]. Tesch, M. E.; Gelmon, K. A., Targeting HER2 in Breast Cancer: Latest Developments on Treatment Sequencing and the Introduction of Biosimilars. *Drugs* 2020, 1-20.
- [36]. Jacobs, I.; Ewesuedo, R.; Lula, S.; Zacharchuk, C., Biosimilars for the treatment of cancer: a systematic review of published evidence. *BioDrugs* 2017, 31 (1), 1-36.
- [37]. Uifălean, A.; Ilieş, M.; Nicoară, R.; Rus, L. M.; Hegheş, S. C.; Iuga, C.-A., Concepts and challenges of biosimilars in breast cancer: the emergence of trastuzumab biosimilars. *Pharmaceutics* 2018, 10 (4), 168.
- [38]. Stebbing, J.; Mainwaring, P. N.; Curigliano, G.; Pegram, M.; Latymer, M.; Bair, A. H.; Rugo, H. S., Understanding the Role of Comparative Clinical Studies in the Development of Oncology Biosimilars. *Journal of Clinical Oncology* 2020, 38 (10), 1070.
- [39]. Pivov, X.; Pegram, M. D.; Cortes, J.; Lüftner, D.; Rugo, H. S.; Lyman, G. H.; Curigliano, G.; Bondarenko, I.; Dvorkin, M.; Yoon, Y. C., Four-year follow-up of a phase III study comparing SB3 (trastuzumab biosimilar) and reference trastuzumab in HER2-positive early or locally advanced breast cancer in neoadjuvant setting. *American Society of Clinical Oncology*: 2020.
- [40]. Pivov, X.; Bondarenko, I.; Nowecki, Z.; Dvorkin, M.; Trishkina, E.; Ahn, J.-H.; Im, S.-A.; Sarosiek, T.; Chatterjee, S.; Wojtukiewicz, M., A phase III study comparing SB3 (a proposed trastuzumab biosimilar) and trastuzumab reference product in HER2-positive early breast cancer treated with neoadjuvant-adjuvant treatment: final safety, immunogenicity and survival results. *European Journal of Cancer* 2018, 93, 19-27.
- [41]. Yun, J.; Kim, J.; Chung, J.; Hwang, S.-J.; Park, S. J., Extended Stability of Reconstituted and Diluted SB3 (Trastuzumab Biosimilar) Assessed by Physicochemical and Biological Properties. *Advances in therapy* 2019, 36 (7), 1700-1714.
- [42]. Berg, T.; Jensen, M.-B.; Jakobsen, E. H.; Al-Rawi, S.; Kenholm, J.; Andersson, M., Neoadjuvant chemotherapy and HER2 dual blockade including biosimilar trastuzumab (SB3) for HER2-positive early breast cancer: Population based real world data from the Danish Breast Cancer Group (DBCG). *The Breast* 2020, 54, 242-247.
- [43]. Hurvitz, S. A.; Martin, M.; Symmans, W. F.; Jung, K. H.; Huang, C.-S.; Thompson, A. M.; Harbeck, N.; Valero, V.; Stroyakovskiy, D.; Wildiers, H., Neoadjuvant trastuzumab, pertuzumab, and chemotherapy versus trastuzumab emtansine plus pertuzumab in patients with HER2-positive breast cancer (KRISTINE): a randomised, open-label, multicentre, phase 3 trial. *The Lancet Oncology* 2018, 19 (1), 115-126.
- [44]. Pivov, X.; Pegram, M.; Cortes, J.; Lüftner, D.; Lyman, G. H.; Curigliano, G.; Bondarenko, I.; Yoon, Y. C.; Kim, Y.; Kim, C., Three-year follow-up from a phase 3 study of SB3 (a trastuzumab biosimilar) versus reference trastuzumab in the neoadjuvant setting for human epidermal growth factor receptor 2-positive breast cancer. *European Journal of Cancer* 2019, 120, 1-9.

[45]. Von Minckwitz, G.; Procter, M.; De Azambuja, E.; Zardavas, D.; Benyunes, M.; Viale, G.; Suter, T.; Arahmani, A.; Rouchet, N.; Clark, E., Adjuvant pertuzumab and trastuzumab in early HER2-positive breast cancer. *New England Journal of Medicine* 2017, 377 (2), 122-131.

[46]. Del Re, M.; Del Mastro, L., Biosimilars in oncology. Focus on SB3 studies. *Recenti progressi in medicina* 2018, 109 (11), 531-539.

[47]. Pivot, X.; Bondarenko, I.; Petit, T.; Curtit, E., Milestones over the development of SB3, a trastuzumab biosimilar. *Future Oncology* 2018, 14 (27), 2795-2803.

[48]. Lee, J. H.; Paek, K.; Moon, J. H.; Ham, S.; Song, J.; Kim, S., Biological characterization of SB3, a trastuzumab biosimilar, and the influence of changes in reference product characteristics on the similarity assessment. *BioDrugs* 2019, 33 (4), 411-422.

[49]. Paek, K.; Kim, G.-w.; Ahn, S. Y.; Lim, J. H.; Jung, D.; Kim, S.; Lee, J. H., Assessment of the Molecular Mechanism of Action of SB3, a Trastuzumab Biosimilar. *BioDrugs* 2019, 33 (6), 661-671.

[50]. Minisola, S.; Cipriani, C.; Grotta, G. D.; Colangelo, L.; Occhiuto, M.; Biondi, P.; Sonato, C.; Vigna, E.; Cilli, M.; Pepe, J., Update on the safety and efficacy of teriparatide in the treatment of osteoporosis. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease* 2019, 11, 1759720X19877994.

[51]. Mahajan, T. D.; Mikuls, T. R., Recent advances in the treatment of rheumatoid arthritis. *Current opinion in rheumatology* 2018, 30 (3), 231.

PRELIMINARY OBSERVATIONS AFTER THE 2020 AEGEAN SEA EARTHQUAKE

Ziya MÜDERRİSOĞLU*, Hasan ÖZKAYNAK**

ABSTRACT

The October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake occurred with a magnitude of M6.6 and caused significant damages across the city of Izmir, Turkey. Specifically, this paper presents the preliminary observation results based on; ground motion properties, local site conditions, code-based design procedures, and the structural damage mechanisms. In order to achieve this purpose, critical spectral characteristic of strong ground motion records were evaluated in advance. Then, the variables given in code-based design results were investigated based on base shear to structural weight ratio. Local site effects were considered by comparing the spectral amplitudes obtained for different strong ground motions recorded from stations with different soil characteristics (i.e. the shear wave velocity (VS30) averaged over top 30m of the soil profile). Primary temporal distributions of recorded earthquake sequences followed by the mainshock were detailed and the directionality characteristics of the strong ground motion recorded after the mainshock were summarized. Moreover, observed damage patterns in buildings are discussed and possible reasons were identified in terms of critical structural properties. Preliminary results generally represent the effect of local soil characteristics on the amplification of spectral properties.

Anahtar Kelimeler: 2020 Aegean Sea Earthquake, Local site properties, Structural damage, Strong ground motion records

*Received: 23.11.2020 ; Accepted : 10/03/2021 Type: Research DOI: 10.20854/bujse.829973

*Corresponding author: Department of Civil Engineering, Beykent University, 34398, Istanbul, Turkey

** Department of Civil Engineering, Beykent University, 34398, Istanbul, Turkey

2020 EGE DENİZİ DEPREMİ SONRASINDAKİ İLK GÖZLEMLER

Ziya MÜDERRİSOĞLU*, Hasan ÖZKAYNAK**

ÖZET

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi'nde meydana gelen M6.6 büyüklüğündeki deprem özellikle İzmir ve çevresinde önemli hasar ve yıkımlara neden olmuştur. Çalışma kapsamında, yer hareketi özellikleri, yerel zemin koşullarının bina hasarları üzerindeki etkisi, mevcut binalarda kullanılan tasarım yaklaşımları ve yapısal hasar mekanizmaları gibi temel konulara bağlı olarak, deprem sonrasında gerçekleştirilen ilk gözlem sonuçlarına yer verilmiştir. Bu amaçla, öncelikle kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait kritik spektral parametreler belirlenmiştir. Farklı yıllarda yürürlükte olan tasarım yönetmeliklerindeki esaslar dikkate alınarak, tasarım değişkenlikleri taban kesme kuvveti ile bina ağırlığı arasındaki oran dikkate alınarak incelenmiştir. Yerel saha koşullarının etkisi, farklı zemin koşullarına sahip (örn, zemin profilinin ortalama 30m seviyesindeki kayma dalgası hızı, VS30) istasyonlardan elde edilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait spektral büyüklüklerin karşılaştırılmasıyla dikkate alınmıştır. Ana deprem sonrasında belirli bir süre içerisinde bölgede gözlemlenen deprem serileri incelenmiş ve ana deprem kaydına ait yönlülük karakteristiği farklı periyotlar için incelenmiştir. Binalarda meydana gelen hasar dağılımları üzerine tespitlerde bulunulmuştur. Elde edilen ilk gözlem sonuçları genel olarak, bölgedeki farklı zemin özelliklerinin kuvvetli yer hareketi kayıtlarına ait spektral değerlerinde yükseltgenmelere yol açabildiği belirlenmiş ve binalarda oluşan yapısal hasarların olası nedenleri üzerine tartışmalara yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 2020 Ege Denizi Depremi, Yerel zemin koşulları, Kuvvetli yer hareketi kayıtları

*Makale Gönderim Tarihi:23.11.2020 ; Makale Kabul Tarihi : 10/03/2021 Makale Türü: Araştırma DOI: 10.20854/bujse.829973.

*Sorumlu yazar: İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beykent Üniversitesi, 34398, İstanbul, Türkiye

** İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beykent Üniversitesi, 34398, İstanbul, Türkiye

1. Introduction

The 2020 Aegean Sea Earthquake caused significant damages and casualties across the city of Izmir, Turkey (October 30, 2020 11:51:24(UTC)&14:51:24(Local)). The epicenter of event was announced as the Aegean Sea, off the coast of Seferihisar (Izmir) [1]. Seismic details recorded by major networks are provided in Table 1. Moreover, structural damages and casualties were recorded in Samos Island [2] and floods were reported after the earthquake [3]. As the affected area is located in a high seismicity region, damaging earthquakes were also recorded in past years. Major events occurred in last 50 years include the March 28, 1970 M7.0 Kızık-Cavdarhisar Earthquake, the March 27, 1975 M6.7 Gulf of Saros Earthquake, the December 19, 1981 M7.2 Aegean Sea Earthquake, and the July 21, 2017 M6.6 Gulf of Gokova Earthquake.

Magnitude (M_w)	Epicenter Information		Depth [km]	Reference
	Lat [°]	Lon [°]		
6.6	37.8881N	26.7770E	16.5	AFAD[1] ¹
6.9	37.9020N	26.7942E	12.0	KOERI[4] ²
7.0	37.9180N	26.7890E	21.0	USGS[5] ³
7.0	37.9100N	26.8400E	10.0	EMSC[2] ⁴

Note: ¹AFAD: Disaster and Emergency Management of Turkey, ²KOERI: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, ³USGS: U.S. Geological Survey, ⁴EMSC: European Mediterranean Seismological Center

Table 1: General information about the event

2. Strong Ground Motion Characteristics

Following the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake, strong ground motion data were recorded in stations located around the affected region (Figure 1).

Magnitude (M_w)	Epicenter Information		Depth [km]	Reference
	Lat [°]	Lon [°]		
6.6	37.8881N	26.7770E	16.5	AFAD[1] ¹
6.9	37.9020N	26.7942E	12.0	KOERI[4] ²
7.0	37.9180N	26.7890E	21.0	USGS[5] ³
7.0	37.9100N	26.8400E	10.0	EMSC[2] ⁴

Note: ¹AFAD: Disaster and Emergency Management of Turkey, ²KOERI: Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, ³USGS: U.S. Geological Survey, ⁴EMSC: European Mediterranean Seismological Center

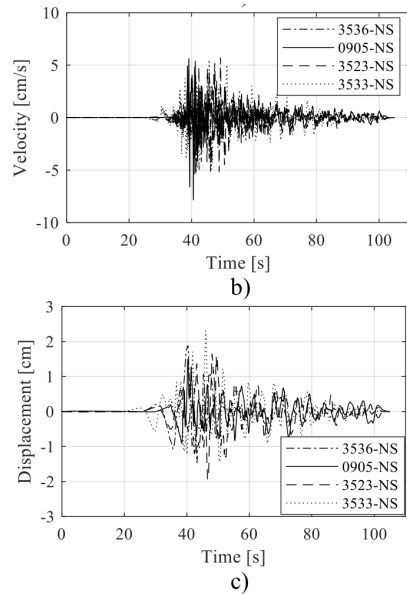


Figure 1: Time histories of strong ground motion records: North-South component of: a) Acceleration, b) velocity, and c) displacement

Specifically, the peak ground acceleration, PGA values were evaluated by using the strong ground motion components of closest stations to epicenter reported by Disaster and Emergency Management of Turkey [6] are summarized in Table 2.

Table 2: Spectral values estimated for the 2020

Aegean Sea Earthquake								
Sta. Code	PGA [g]		PGV [cm/s²]		PGD [cm]		V_{350} [m/s]	R_{eq} [km]
	EW	NS	EW	NS	EW	NS		
0905	0.15	0.18	8.87	7.83	2.25	1.50	369	42.95
3523	0.07	0.08	4.98	5.71	1.43	1.93	414	48.94
3636	0.08	0.05	8.71	5.31	2.14	1.88	1141	34.75
3533	0.05	0.08	5.94	5.51	1.89	2.31	415	51.38

The pseudo spectral accelerations (PSAs) recorded during the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake evaluated via using the data obtained from database [6] (Figure 2). The amplifications effects could apparently be seen especially from 0905 station.

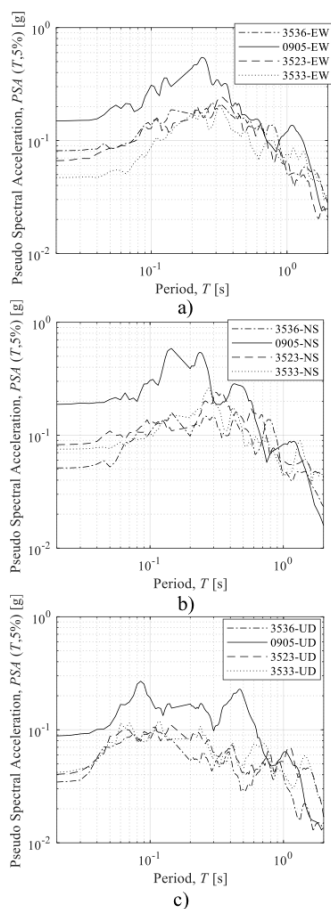


Figure 2: Pseudo spectral acceleration

In order to compare the design spectra (i.e. Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones [7], and Turkish Seismic Design Code [8]) and the strong ground motion characteristics, Figure 3 is provided as below. Accordingly, the geometric mean of two perpendicular components of strong motion record having the highest PGA value (i.e. 0.183g-NS-0905, [6]) is taken into account. As the shear wave velocity, V_{S30} averaged over top 30m of the soil profile is provided as 369m/s, design spectra are created for related site properties. It should be noted that the spectral values of earthquake recorded from 0905 station is much more lower than the proposed design spectra. Moreover, higher spectral values were estimated in between the range of 0.2-0.5s, roughly.

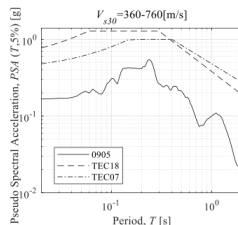


Figure 3: Comparison between the Turkish Design Spectra of [7], [8], and the pseudo spectral acceleration

To assess the effects of local site conditions on the affected regions across the city of Izmir, spectral acceleration characteristics recorded at different stations located near the related regions are estimated (Figure 4). Specifically, pseudo spectral accelerations obtained from the database of nearest stations [6] to the highly affected regions are considered (i.e. Station 3513 for Bayraklı, and Station 3522 for Bornova). Local site characteristics of related stations are identified in terms of V_{S30} values that are reported as 196m/s and 249m/s for stations 3513 and 3522, respectively [4]. Here, the largest pseudo spectral acceleration values are approximately recorded between 0.25-1.2s. As this range corresponds to the fundamental vibration periods of buildings having 3 to 12 stories, significant damages in the related region were observed for such buildings. Moreover, amplification for spectral values recorded in related regions are observed for lower values of shear wave velocity, V_{S30} averaged over top 30m of the soil profile.

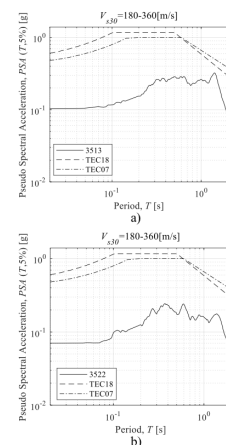


Figure 4: Comparison between the Turkish Design Spectra of [7], [8], and the pseudo spectral acceleration: a) Station 3513, b) station 3522

3. Seismic Activity after the Mainshock

Following the October 30, 2020 Earthquake, several earthquakes occurred in the affected region. Seismic activity recorded within a time interval of eight days started from the mainshock event is considered (Figure 5a). Earthquakes recorded within 100km from the epicenter are taken into account based on a method proposed by [9]. Earthquakes with a magnitude range of 1~5.2 were recorded for the region of interest. Moreover, the spatial distribution of recorded seismic sequences is also plotted based on the depth of events (Figure 5b). This figure illustrates that shallow seismic events were observed following the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake. Directionality characteristics of 2020 Aegean Sea Earthquake is investigated by using the strong ground motion record obtained from AFAD database [6].

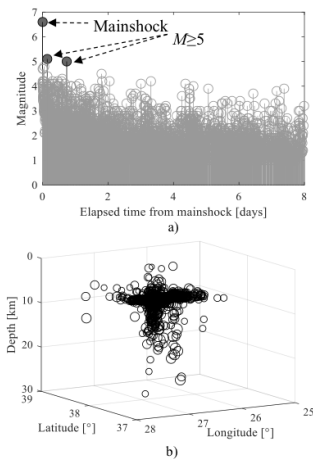


Figure 5: a) Seismic activity after the mainshock event, b) spatial distributions of seismic events

In Figure 6, seismic demand along various directions recorded during the October 30, 2020 Earthquake at station 0905. It is seen that the seismic demand varies for different directions. Specifically, as the maximum seismic demand evaluated along 34° azimuth (i.e., $T=0.4s$) is approximately 1.6 times greater than that seismic demand of 95° azimuth (i.e. 0.18g), this case indicates that the record of interest is polarized for related period value. In case of a detailed investigation on directionality characteristics of records obtained from the stations that are close to the affected area, the reasons of potential damage mechanisms of buildings could be identified. Accordingly, level of potential damages might be increased in case of selecting the weak axis of buildings to be located along the peak seismic demand

directions. Besides this, the general characteristics of polarity of a strong ground motion record may vary for different period values. For instance, pseudo spectral acceleration based seismic demand of same record obtained for the natural vibration period of 0.1s indicates an unpolarized behavior as the maximum demand is roughly observed along different directions.

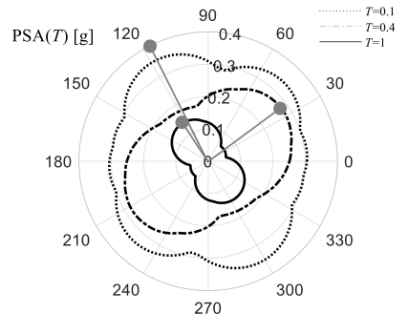


Figure 6: Directionality characteristics of strong ground motion record from 0905 station

4. Damage Observations

Depending on the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake, several buildings located around the city of Izmir were strongly affected. A catastrophic scene from the site is given below in Figure 7.

Following the valuable investigations and observations from the site (i.e., Figs 8 and 9), common reasons for damage patterns are reported by different utilities summarized as follows:

- Inadequate level of engineering and surveillance services,



Figure 7: Life area served by a single refrigerator coincidentally

- Damages due to material characteristics (e.g., inadequate strength of concrete and reinforcement materials),
- Irregular structural systems (e.g., soft-story and/or weak-story mechanisms),
- Secondary retrofitting or modifications in structural systems without taking into account current codes,
- Effect of local soil conditions,
- Deficiencies in application of structural details at site,
- Removal of infill walls.



Figure 8: Collapse mechanism observed at the site (Photo from [10])



Figure 9: Partial collapse mechanism observed at the site

In addition to the given items above, differences in the design base shear to weight of building ratio are evaluated to compare the variabilities in seismic codes available for different years. Specifically, Turkish Design seismic codes of [11], [12], [7], and [8] are considered for a building with a natural vibration period of $T_1=0.5s$ which corresponds to a 5-story building is considered to be located at one of the highly affected sites (i.e. station 3513) (Figure 10).

Moreover, the selected scenario building is assumed to be constructed as a high ductile type building (i.e. connection details are compatible with related codes and well-practiced) and available seismic maps of zones are taken into account for the years of interest.

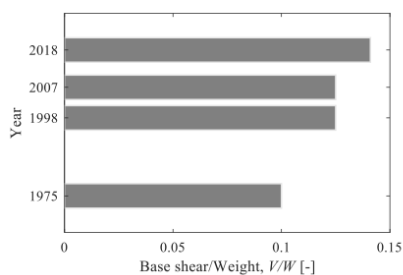


Figure 10: Design base shear factors

As seen from Figure 10, design base shear coefficients are observed to be increased for selected conditions in years. Due to advances in seismic investigations and codes, more detailed analysis and procedures have been proposed for following years. Moreover, related factors are affected based on revisions in seismic-zone based definitions (i.e., affected zone is considered to be located at seismically active zone). This case also indicates the importance of taking into account the proposals and details available in current seismic design codes.

5. Conclusions

In this paper, preliminary observation results and discussions based on the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake are presented. For this purpose, general characteristics of strong ground motion records are illustrated and possible reasons of damage mechanisms detected at site are identified. Following items can be concluded based on preliminary observation results:

- Spectral characteristics of recorded strong ground motion records (i.e. pseudo spectral acceleration values) are considerably lower when compared to those spectral values of code-based seismic design spectra.

- Recorded pseudo spectral acceleration values are observed to be amplified at different locations due to local soil characteristics (i.e. VS30 values).
- Strong ground motion records are expected to be polarized for different natural vibration periods.
- The observations of different utilities for the possible reasons of total collapse and partial damages were reported as; inadequate level of engineering and surveillance services, low quality of material characteristics, irregular structural systems, modifications in structural systems without considering the current codes restrictions, effect of local soil conditions, deficiencies in application of structural details at site, and removal of infill walls.

REFERENCES

- [1]AFAD (2020a), -the October 30, 2020 Aegean Sea, off the coast of Seferihisar (İzmir) Mw6.6 Earthquake Preliminary Report (In Turkish)- Disaster and Emergency Management of Turkey, Ankara, Turkey. Available online: <https://depem.afad.gov.tr/>, [Accessed: October 30, 2020].
- [2]EMSC (2020), -the Earthquake of October 30, 2020, M6.7 Preliminary Report-European Mediterranean Seismological Centre (EMSC), Available online: <https://www.emsc-csem.org/>, [Accessed: October 30, 2020].
- [3]BBC (2020), -Earthquake hits Greece and Turkey, bringing deaths and floods-, BBC News, [Accessed: October 30, 2020].
- [4]KOERI (2020), -the October 30, 2020 Aegean Sea Earthquake press release (In Turkish)- Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University, Istanbul, Turkey. Available online: <http://www.koeri.boun.edu.tr/>, [Accessed: October 30, 2020].
- [5]USGS (2020), United States Geological Service, -the October 30, 2020 Earthquake Interactive Map-, Available online: <https://earthquake.usgs.gov/>, [Accessed: October 30, 2020].
- [6]AFAD (2020b), the Strong Ground Motion Database of Turkey, Disaster and Emergency Management of Turkey, Ankara, Turkey. Available online: <https://tadas.afad.gov.tr/>, [Accessed: October 30, 2020].
- [7]TEC (2007), Turkish Earthquake Code, Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones, Ministry of Construction and Settlement, Ankara, Turkey.
- [8]TEC (2018), Turkish Earthquake Code, Turkish Building Earthquake Code, Republic of Turkey Ministry of Environment and Urbanisation, Ankara, Turkey.
- [9]Uhrhammer R (1986), “Characteristics of Northern and Southern California Seismicity”, Earthquake Notes, 57(1):21-41.
- [10]Deniz A., Yüksel E., Çelik C. O., Çakır Z., Yaltrak C., Serter E., Yıldırım H., Güllü A. (2020), 30.10.2020 İzmir Earthquake Assessment Report (In Turkish), Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey.
- [11]TEC (1975), Turkish Earthquake Code, Regulation on Structures to be Built in Disaster Areas, Ministry of Public Works, Ankara, Turkey.
- [12]TEC (1998), Turkish Earthquake Code, Regulation on Structures to be Built in Disaster Areas, Ministry of Construction and Settlement, Ankara, Turkey.

YAYIN KURALLARI

Yazarlara Not: TÜBİTAK-ULAKBİM Fen Bilimler Veri Tabanı Komitesi, bu yayın kurallarına %100 uyulmasını istemektedir. Lütfen makaleleri bu kurallara uygun olarak hazırlayıp gönderiniz.

1. Beypkent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda İKİ kez (altı ayda bir) yayınlanır.

2. Hakemli ve özgün çalışmaları amaçlayan bir dergidir. Makalelerin, hakem değerlendirilmesine girmek üzere, yayın kurulu sekreterliğine yazar adı, e-postası, cep /telefonu ile gönderilmesi gerekmektedir. Yazarlar makalelerinde hakemlerin de değerlendirmelerinde dikkate alacağı aşağıdaki kriterleri de gözden uzak tutmamalıdır:

a. Makalelerindeki ekseni, dayandığı temel fikri, ikincil kaynak incelemesi ve bunlara göre yeniliği, Fen ve Mühendislik Bilimleri ve uygulama alanına katkısını,

b. Araştırmalarının makalenin ana eksenine katkısını, hipotez ve metodolojisi, istatistiksel analiz tekniğinin yeterliliğini,

c. Makalenin mantıksal bütünlüğü ve kendilerini tatmin edip etmediğini,

d. Makalenin başlığa uygunluğu ve anahtar kelimelerin makaleyi yansıtabilmesini,

e. İyi kalitede bir model, şekil, tablo vb. ile öğretime katkı seviyesini değerlendirmelidirler. Ampirik çalışmalara öncelik tanınacağı makalelerin yayınlanabilmesi için, yazarlar:

3.1. Metin, çift aralıklı ve 12 puntoyla Microsoft Word (6.0 ve üstü) yazım programında Times New Roman karakterinde yazılacak ve internet/Web ortamında veya CD olarak ve 3 kopya “hard copy”/ çoğaltılmış olarak gönderilecektir.

3.2. Makalelerin 20 sayfa (A4 boyutlu ve 2 aralıklı) geçmemesi gerekmektedir. Yazılar ve şekiller sayfaya soldan 3,5 cm, alt/üst ve sağdan 2,5 cm boşluk bırakacak şekilde konumlandırılmalıdır.

3.3. Atıflar, dip notlarda değil, metin içinde ve parantezle (soyad, yıl: sayfa) verilecektir.

3.4. Açıklama notları numaralandırılarak ilgili sayfa altında yazılacaktır.

3.5. Tablolar numaralandırılıp tablo üstünde, şekiller şekil altında (atıf varsa, tablo ve şekil altında, kullanım izni referansı ile birlikte), denklemler yaygın bilinirlikte ve açıklamalı olarak gösterilecektir.

3.6. Makale sonunda atıflarla gönderme yapılan kaynakçaya (soyad, ad, eser “makaleler tırnak içinde”, yayın yeri, yayınlayan, yıl, -dergiler: sayı, ay, yıl ve sayfa baş ve sonu-) yer verilecektir. Sanal ortam atıfları, güncel olarak tarih ve saati ile verilecektir.

3.7. Makalelerin başlık ve yazar isminin altında, 200 kelimeyi geçmeyen hem Türkçe hem İngilizce özetlerle (katkı ve sonuç içerikli) 3-5 anahtar kelimeye yer verilecektir.

3.8. Makalelerin Özet, Giriş, Yöntem/Yaklaşım, Gelişme, Bulgular, Sonuç, Uygulamaya Katkısı ve Kaynakça bölümlerinden oluşmasına özen gösterilmesi beklenir.

3.9. Yazar/ların ismi makalenin altında yer almalı, unvanı ve çalıştığı kurum, birinci sayfada yıldızlı dipnot olarak gösterilmelidir.



3.10. Yayın, danışma ve hakem kurullarında görev alanlar, kendi makalelerinin görüşmelerine ve hakem görevlendirmelerine katılamazlar.

3.11. Yayını uygun görülen makaleler yayın sırasına konur. Gönderilen makaleler ve düzeltme talepleri sonrasında da yayını uygun görülmeyen yazılar iade edilmez ve yazarına gerekçesiyle bildirilir.

3.12. Makalelerin bilimsel ve diğer hususlara ilişkin sorumluluğu yazar/larına aittir. Bir başkasından yararlanılan şekil, resim ve tablo alıntılarında, ilgili yazar/yayıncıdan izin yazısı alınmalı ve makale ekinde sunulmalıdır.

3.13. Her sayıdaki hakem isimleri ve raporları beş yıl süreyle arşivlenecektir.

3.14. Yazar/lar, yayınlanması halinde, tüm telif haklarını Beykent Üniversitesine devrettiklerini belirten aşağıdaki belgeyi de makaleleriyle birlikte göndermelidir: Bu belgenin imzalanıp gönderilmemesi halinde, bu haklarını, Beykent Üniversitesi'ne otomatik olarak devrettikleri anlamına gelir.



İLETİŞİM

Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sıraselviler Cd, 34437 Beyoğlu-İstanbul

Tel: 0212 444 1997 dahili; 5056 - 5187 - 5188

Faks: 0212 867 51 72

bahaddins@beykent.edu.tr



BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

Ayazağa - Maslak Yerleşkesi

Ayazağa - Sarıyer / İST. **Faks:** 0212 289 64 90

Beylikdüzü Yerleşkesi

Beykent - Büyükçekmece / İST. **Faks:** 0212 872 28 30

Hadımköy Yerleşkesi

Akçaburgaz Mevkii - Esenyurt / İST

Taksim Yerleşkesi

Sıraselviler - Beyoğlu / İST. **Faks:** 0212 243 02 78

Beykent Üniversitesi Çağrı Merkezi

beykent.edu.tr - info@beykent.edu.tr

444 1997