

GSI JOURNALS



SERIE C
ADVANCEMENTS IN
INFORMATION SCIENCES
AND TECHNOLOGIES
(AIST)

-- VOLUME 2 ISSUE 1 YEAR 2019



GSI JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION
SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2 Issue: 1

JOURNAL INFO (COPYRIGHT)

Journal Name	GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies
E-Mail	GSIJournalsC@gsico.org
Web	https://gsico.info/publications
Adress	Adress: Josipa Broza Tita 23A sprat II, PD97.KO Podgorica III - MONTENEGRO
Publisher	Hilmi Rafet Yüncü

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION
SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2 Issue: 1

Chef in Editor

Saffet Erdogan
(Prof. – Harran University)

Co-Editor

Gökhan ERŞEN
(Res.Asisst. - Anadolu University)

Editorial Board

<i>Alper Çabuk</i> (Prof. – Eskisehir Technology University)	<i>Avinash Pawar</i> (Assoc. Prof. - University of Pune)
<i>Dileep Kumar</i> (Assoc. Prof. - BERJAYA University College)	<i>Francesco Greco</i> (Prof. - University of Niccolò Cusano)
<i>Dimitrios Diamantis</i> (Prof. - Les Roches Global Hospitality Education)	<i>Detlev Remy</i> (Assoc. Prof. - Singaporian Institute of Technology)
<i>Dragan Cisić</i> (Prof. - University of Rijeka)	<i>M. Adel Atia-</i> (Assoc. Prof. Minia University)
<i>Halim Perçin</i> (Prof. – Ankara University)	<i>Jagbir Singh Kadyan</i> (Assoc. Prof. - University of Delhi)
<i>Haywantee Ramkissoon</i> (Assoc. Prof. - Curtin University)	<i>Mukhles Al-Ababneh</i> (Assoc. Prof. - Al-Hussein Bin Talal University)
<i>Jean-Pierre van der Rest</i> (Prof. - Leiden University)	<i>Sunil Kumar Tiwari-</i> (Prof - A.P.S.University)
<i>Jelena Janjusevic</i> (Assist. Prof. - Heriot-Watt University)	<i>Gamal S. A. Khalifa</i> (Assoc. Prof. - Lincoln University College)
<i>Judy Hou</i> (Manager - The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Hilmi Rafet Yüncü</i> (Assoc. Prof. – Anadolu University)
<i>Mahdi Nasrollahi</i> (Assist. Prof. – Imam Khomeini Int. University)	<i>Athula Gnanapala</i> (Assoc. Prof. - Sabaragamuwa University)
<i>Mir Abdul Sofique</i> (Assoc. Prof. - University of Burdwan)	<i>Taki Can METİN</i> (Assist. Prof.-Kırklareli University)
<i>Onur Çakır</i> (Assist. Prof. – Kırklareli University)	<i>Cem Sayın</i> (Assist. Prof. – Anadolu University)
<i>Piyush Sharma</i> (Assoc. Prof. Amity University)	<i>Amitabh Upadhyay</i> (Prof. - Skyline University College)
<i>Sonia Mileva</i> (Prof. - Sofia University)	<i>Sunil Kumar</i> (Assoc. Prof. - Alliance University)
<i>Stephanie Morris</i> (Assoc. Prof. - The Emirates Academy of Hospitality Management)	<i>Dejan S. Šabić</i> (Prof. - University of Belgrade)
<i>Verda Canbey Özgüler</i> (Prof. - Anadolu University)	<i>Melike Uluçay</i> (Assist. Prof. – Yaşar University)

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION
SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 1 Issue: 2

CONTENT

Uğur YİĞİTER – Elif TATAR	Mimarlık Ve Medya Etkileşiminde Oyun Tasarımı	1-22
Mustafa ULUKAVAK – İsmail DEMİR YEGE	Çok Düşük Frekanslı (VLF) Radyo Alıcıları İle $M \geq 6.0+$ Deprem Ölçümlerinin İncelenmesi	23-39
Alper VATANSEVER – Deniz DEMİR YÜREK	Anatomi Eğitimi İçin Temporomandibular Eklemin Sanal Anatomisi	40-47
Mehmet YILMAZ– Nuri ERDEM	Bulanık Mantık İlkelerine Göre Local Geoid Hesabı; Tekirdağ Örneği	48-60
Özlem ERDOĞAN – Yalçın MEMLÜK – Halim PERÇİN	Orman Alanlarının AHP Yöntemi Kullanılarak Kütahya Kenti Örneğinde İrdelenmesi	61-77

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2, Issue: 1, p. 1-22, 2019

MİMARLIK VE MEDYA ETKİLEŞİMİNDE OYUN TASARIMI

GAME DESIGN IN INTERACTION BETWEEN ARCHITECTURE AND MEDIA

Uğur Yiğiter¹

Elif Tatar²

(Received 28.06.2019 Published 05.08.2019)

Özet

Teknolojik gelişmelere paralel olarak, medya araçlarının farklı disiplinlerle etkileşimi ve kullanım olanağı artmıştır. Özellikle bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, bu durumu destekler niteliktedir. Yeni medya araçlarından bilgisayar oyunları; tasarım süreci ve senaryo ile ilişkili mekân tasarımı içermesi açısından mimarlık bağlamında dikkat çekicidir. Bu makalede, bir medya aracı olarak bilgisayar oyunları ile mimarlık arasındaki ilişki ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı, mimarlık ve medya etkileşiminde bilgisayar oyunlarında mimarlığın yerini; tasarım süreci, mekân ve mimari ile ilişkili fonksiyonlar kapsamında araştırmaktır. İlk olarak medya kavramı ve medya – mimarlık etkileşiminde bilgisayar oyunlarının farklı açımları açıklanmıştır. Daha sonra, oyun tasarımında mimarlığın yeri; oyun tasarım süreci – mimari tasarım süreci etkileşimi, oyunlarda mimari tasarım ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar ve oyunlarda mekân tasarımı başlıkları altında incelenmiştir. Bir sonraki bölümde, oyun tasarımlarında mimarlığın yeri, farklı mekân kurgusuna sahip üç popüler oyun üzerinden ele alınmıştır. Üç farklı oyun üzerinden yapılan incelemede; oyun tasarım süreci, mekân tasarımı ve mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar değerlendirme ölçütü olarak kullanılmış ve sonrasında karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, geleceğin mimarlığında bilgisayar oyunlarının; önemli bir yere sahip olduğu, mimarlığın ve mekân kurgularının deneysel boyutuna katkı sağladığı, disiplinler arası bir çalışma gerektiren tasarım süreci ile mimarlık disiplini için ayrı bir uzmanlık alanı olarak görülmesi ve mimarlık eğitiminde de yer edinmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Medya, bilgisayar oyunları, mimarlık, tasarım süreci, mekân tasarımı

¹ Mimar-Yüksek Lisans Öğrencisi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, yigiterugur@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, elifguclu@gmail.com

Abstract

In parallel with recent technological developments, media tools increasingly interact with different disciplines and they are employed more frequently in these disciplines. One of the areas where developments considerably affect such an interaction is computer technologies. Computer games, which is a new media tool, are similar to architecture since they involve specific space design processes related to the particular design and scenario of the game just like in architecture. This study deals with the relationship between architecture and computer games as a new media tool. The aim of the study is to explore the place of architecture in computer games in interaction between architecture and media in terms of design process and functions related to space and architecture. First, media and different viewpoints regarding computer games in media-architecture interaction were explained. Next, the place of architecture in game designs was discussed under the following titles: interaction between game design process and architectural design process; and main and supplementary functions related to architectural design in computer games. Later, the place of architecture in game designs was examined through three popular games with different space designs. Game design process and main and supplementary functions related to architectural design were used as the evaluation criteria in the examination of three different games, and later, comparative analyses were done. In conclusion, the study emphasizes that computer games will play an important role in the future of architecture and contribute experimental dimension of architecture and space designs. Moreover, there should be a separate area of expertise for computer games in the field of architecture and design process since it requires an interdisciplinary approach, and this issue should be integrated into architectural education.

Keywords: Media, computer games, architecture, design process, space design

1. GİRİŞ

Bilgisayarın insanoğlunun hayatına getirdiği temel değişimler sıklıkla bilgi devrimi veya dijital devrim olarak isimlendirilir. Modern yaşam; cep telefonları, internet, bilgisayar oyunları, filmler gibi dijital ürünlerden ayrılamaz durumdadır (Liu, 2003, s. 7). Dijital ürünlerin çoğu aynı zamanda bir iletişim ve medya aracıdır. Geçmişten günümüze önemli bir iletişim aracı olarak işlev görev medya, gelişen teknoloji ve değişen yaşam koşulları ile farklı bakış açılarına sahip olmuştur. Geleneksel yaklaşımlardan yeni yaklaşımlara uzanan süreçte, medya ile etkileşim içinde olan kullanıcı sayısı artmıştır. Bu süreçte bilgisayar oyunları parabolik bir ivme ile önem kazanmıştır. Sosyal medya platformlarının popüler hale gelmesi ile medya daha genç kullanıcılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Medya araçları içinde oyunların son dönemde öne çıkmasının nedenlerinden biri bu genç nüfustur ve bu nüfusun oyunlarla iç içe olmasıdır.

Medya bağlamında oyunların nasıl bir yerde olduğunu bazı sayısal verileri inceleyerek anlamak mümkündür. Fortnite adlı bir oyunda, anlık kullanıcı sayısı 2 Şubat 2019'da 10,7 milyon olarak ölçülmüştür. Bu rakam, ülkemizin nüfusunun onda birine denk gelmektedir ("Fortnite'in anlık", 2019). Bu ve benzeri oyunlar ile beraber oyunların dünya nüfusunun büyük çoğunluğu tarafından sevilen ve bilinen bir medya türü olduğu söylenebilir.

Oyun tasarımı, profesyonel meslek grupları ile disiplinler arası bir çalışma ortamında gerçekleşir. Bilgisayar oyunlarının medya araçları içinde kendi konumunu koruması ve popüleritesini üst sınırlara taşıması için mevcut tasarımlarının sürekli geliştirilmesi gerekmektedir. Bilgisayar oyunlarının; farklı tasarım disiplinleri ile ilişkili kurgusu, oyun tabanlı öğrenme gibi eğitim alanında kullanım olanağı ve senaryoya göre değişebilen mekân kurgusu ile deneysel tasarım alanına katkısı mimarlık disiplini için önemlidir.

Mimarlık alanında bu konu üzerine daha önce yapılan araştırmalara bakıldığında; mimarlık eğitimi, mimari tasarım, mekân algısı ve mimari, mimari tasarım ve iletişim alanları ile oyun kavramı ve bilgisayar oyunları arasında ilişki kuran lisansüstü çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Bu ana başlıkları 2000 sonrası üretilen birkaç çalışma ile örneklemek mümkündür: Ayanoğlu (2006), "Mimarlık Eğitiminde Üç Boyutlu Bilgisayar Oyunu Motorlarının Kullanımı" adlı tez çalışmasında; mimarlık eğitimi üzerine yeni bir yöntem geliştirerek, sanal ortamda yeni bir etkileşimli eğitim ortamını tasarlamayı ve uygulanabilirliğini test etmeyi amaçlanmıştır. Bostancı (2008), "Mimari Tasarımda İletişim Modeli Olarak Oyun" adlı tez çalışmasında; oyun kavramının mimarlıkla ilişkisini sorgulamış, mimarlığı oyunu oluşturan kural ve iletişim sistemleri ile açıklamıştır. Çatak (2003), "Bilgisayar Oyunlarında Mimarının Kullanımı" adlı tez çalışmasında, bilgisayar oyunları ve mimari arasında ortak noktalara değinmiş ve mimarının bilgisayar oyunlarını hangi alanlarda kullanabileceğini sorgulamıştır. Önal (2012), "Video Oyunlarında Mekân Algısı ve Mimari" adlı tez çalışmasında, video oyunlarını inceleyerek mimarlık kuramının onunla nasıl

ilişkilenebileceğini araştırmıştır. Bu noktada özellikle mimari ve mekânsal kurulumların, oyuncunun sanal dünyadaki hareketine nasıl yön vereceği üzerine incelemeler yapmıştır.

Bu çalışmalara bakıldığında, bilgisayar oyunlarında mimarlığın yerini farklı mekân kurgusuna sahip üç popüler oyun üzerinden; tasarım süreci ve mimarlık ile sağlanan fonksiyonlarla bütünleşik inceleyen ve yorumlayan bir örneğe rastlanmamıştır. Çalışma kapsamında *Assasin's Creed: Revelations*, *Counter-Strike: Global Offensive* ve *Worms World Party* oyunları incelenmiştir. Bu oyunlardaki mekân kurgularının tasarım süreci ve mimarlık ile sağlanan fonksiyonlarla birlikte karşılaştırmalı analizinin değerlendirmesi sonucu ortaya çıkan benzerlikler ve farklılıklar mimari tasarımın deneysel boyutuna ışık tutar niteliktedir. Geleceğin mimarlığında medya araçlarından bilgisayar oyunlarının önemli bir yere sahip olduğu açıktır. Bu noktada, ilk olarak medya kavramı üzerinde durmak yerinde olacaktır.

2. MEDYA

Medya Türk Dil Kurumu'na göre "iletişim ortamı" veya "iletişim aracı" olarak tanımlanır ("*Türk Dil Kurumu*", 2019). Bu iletişim ortamı günümüzde çok geniş yapıları bir yelpazeye sahiptir. Hocaoğlu (2011) medyayı, kısaca; yazılı, görsel, işitsel, görsel-ışitsel ve hatta dokunsal (körler için kabartma tekniği kullanılarak yazılan kitaplar) bazı kitle iletişim araçlarına verilen ortak ad olarak tanımlamıştır. Medya toplumun beklentileri doğrultusunda bilginin, haberin, eğlencenin, propaganda veya reklamın üretimi ve kitleler arası dağıtımını ile ilgilenir (Gani,1996; akt: Hocaoğlu, 2011, s. 23).

Medya denildiği zaman günümüzde akla ilk dijital ve sosyal medya gelmektedir. Sosyal medya; internet tabanlı, herkesin kolaylıkla ulaşabildiği ve kendi içeriğini üretebildiği veya istediği gibi paylaşımda bulunabildiği internet sitesi veya mobil uygulama gibi araçlardan oluşur. Sosyal medyanın yanı sıra, hala geçerliliğini koruyan geleneksel medya olarak nitelendirdiğimiz radyo, televizyon, gazete gibi araçlar da medyanın vazgeçilmez parçalarıdır. Bu araçlarla birlikte değerlendirildiğinde medyanın, farklı boyutlara sahip ve sürekli kendini güncelleyen bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

Her medya aracı, içinde bulunduğu döneme ait gelişmelere ve teknolojilere paralel varlığını sürdürür. Birinci Dünya Savaşı sırasındaki ve sonrasındaki medyanın aynı zamanda savaşın teknolojisi ve enstrümanı olarak geliştirilmesi buna örnek olarak gösterilebilir (Colomina, 1994, s. 156). Özellikle hız araçları, otomobiller ve uçakların gündemde olduğu bu dönemde, medya da bir iletişim aracı olarak bu teknolojilere entegre olmak durumunda kalmıştır. Bu durum, sürekli gelişen-dönüşen bir süreç olarak değerlendirildiğinde geçmiş ve gelecek arasındaki değişimler önem taşımaktadır.

Geleneksel medya ve yeni medya arasındaki fark, gelişen teknoloji ile beraber açılmaya başlamıştır. Tablo 1'de görüldüğü gibi, günümüzde kullanıcı odaklı anlayışın bir ürünü olarak, yeni medya karşılıklı iletişime ve geri dönüşlerin önemli olduğu bir hale gelerek, geleneksel medyanın önüne geçmeye başlamıştır. Geleneksel medya da

veriler hedef kitleye direk olarak aktarılırken, günümüzde bu konuda daha etkileşimli yöntemler kullanılmaktadır. 2018 yılında çıkan bir televizyon serisinin bölümü olan Black Mirror: Bandersnatch dizisi, video akışı devam ederken başrol karakterini yönlendirecek ikili seçenekler sunması ile bu duruma örnek gösterilebilir ("Black Mirror: Bandersnatch", 2019). Ayrıca, yeni medyanın çok sayıda kanal ve çeşitlendirilmiş içeriğe sahip olması, çok noktadan çok noktaya yapısı küresel kapsama alanını destekler niteliktedir.

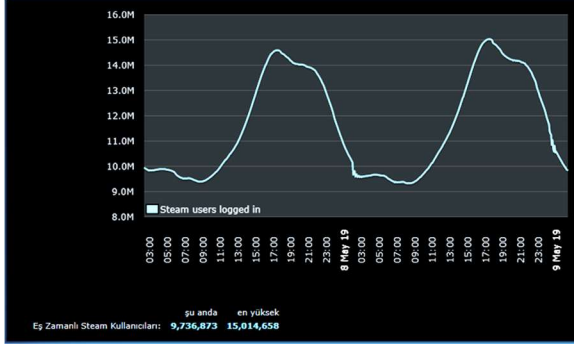
Tablo 1 Geleneksel medya ve yeni medya arasındaki fark (Aktaş, 2007)

FARKLAR	GELENEKSEL MEDYA	YENİ MEDYA
KANAL	Az sayıda	Çok sayıda
KONTROL	Gönderen	Alıcı
İLETİM	Tek yönlü	İki yönlü, Etkileşimli
İÇERİK	Sınırlı	Çeşitlendirilmiş
KAPSAMA ALANI	Bölgesel, küresel	Küresel
TOPLUMSAL	Kanunlar, Meslek ve ahlak	Teknik aygıtlar, izleme
KONTROL	ilkeleri, halk eğitimi	
ZAMAN	Senkron	Asenkron
YAPISI	Merkeziyetçi (Bir noktadan-çok noktaya)	Merkeziyetçi olmayan (Çok noktadan-çok noktaya)

Medya; milyonları peşinden sürükleyen devasa bir sektördür. Hem finansal hem de psikolojik bir sektör olarak insanları etkileyen bir mecradır. Ekonomi için önemli bir yere sahip ve teknolojik gelişmelerle iç içedir. Bu sektör içinde bilgisayar oyunları sadece kişisel hobi olarak değil, farklı uzmanlık alanları ile ilişkisi ve farklı kullanım olanağı potansiyeli ile dikkat çekicidir.

3. NEDEN MEDYA MİMARLIK ETKİLEŞİMDE BİLGİSAYAR OYUNLARI?

Video oyunları, insanlarla en çok etkileşim içinde olan medya araçlarındandır. İnsanların hayatın gerçeklerinden kaçıp sığındığı sanal bir ortam olan oyunlar farklı deneyimler yaşatır. Newzoo'nun yaptığı araştırmaya göre, tüm dünyadaki 2,3 milyar oyuncunun 2018'de oyunlara 137,9 milyar dolar harcayacağı tahmin ediliyor (Wijman, 2019). Bunu düşünürsek neredeyse dünyanın büyük bir çoğunluğu oyun oynamakta ve bu sektör ekonomi pastasında büyük bir dilim olmayı başarmaktadır.



Şekil 1. Steam istatistik sayfası ("Steam İstatistik Sayfası", 2019)

Şekil 1’de görüldüğü gibi, oyun dağıtımıcısı olan Steam oyun platformunun verilerine göre; en yüksek anlık 15 milyon kullanıcı oyun oynamaktadır ("Steam İstatistik Sayfası", 2019). Bu veri, kendi platformu üzerinde oyun oynayanların istatistikleridir.

Günümüzde oyun tabanlı öğrenme, eğitim ve iş ortamında motivasyonu artırıcı bir yaklaşım olarak görülmektedir. Yılmaz’a (2018) göre, bilgisayar oyunu oynayarak büyüyen, oyunlardaki kurguların duygularını şekillendirdiği yeni nesil için, özellikle bu durum önemsenmelidir. Dijitalleşen oyunlar, hem çok ciddi bir potansiyele sahiptir, hem de oyun oynamaya farklı bir boyut kazandırmıştır. Eğitimde oyunlaştırma konusu, Amerikan Ball State Üniversitesi ile örneklenebilir. Tüm kampüs deneyimi oyunlaştırılmıştır. İşte oyunlaştırmayı en güçlü uygulayan firmalara ise Uber örnek verilebilir. Müşteri ve sürücü tarafında farklı ara yüzlere sahiptir (Yılmaz, 2018, s. 16). Video oyunlarına sahip bu yaklaşımların hepsi, iş ve eğitim ortamlarında motivasyonu arttırmak için önemli faktörlerdir.

Gaziosmanpaşa ve Kafkas Üniversitesinde tesadüfi olarak seçilen 6 bölüm üzerinde, Zihinsel Döndürme Testi (ZDT) ile Uzamsal Görselleştirme Testi (UGT) uygulanmış ve bilgisayar oyunlarının uzamsal becerilere etkisi incelenmiştir. Bu araştırma kapsamında ilgili alan yazın incelendiğinde video oyunların ve 3 boyutlu oyunların uzamsal beceriye etkisi olduğunu gösteren çalışmaların mevcut olduğu; katılımcıların dijital oyun oynama deneyimleriyle uzamsal becerileri arasındaki ilişki incelendiğinde ise, zihinsel döndürme becerisi ve uzamsal görselleştirme becerisi puanlarıyla dijital oyun oynama deneyiminin bağıntılı olduğu tespit edilmiştir (Özcan, Akbay ve Karakuş, 2016). Bu durum, bilgisayar oyunlarının uzamsal görselleştirme ve zihinsel döndürme becerilerini geliştirdiğini göstermektedir.

Artırılmış gerçeklik üzerine 2018 yılında Almanya’da düzenlenen bir sempozyumda, V4Design projesinde oyunlar için mekân oluşturan bir algoritmadan bahsedilmektedir. Bu, mimarların, tasarımcıların ve video oyunu tasarımcılarının; mevcut dijital içeriğin heterojen arşivlerini yeniden kullanmalarını; 3D, VR, estetik ve metinsel bilgilerin zenginliğini kolayca erişilebilir hale getirerek ve tasarım ve modelleme için kaynak ve araçlar sağlayarak yeniden düzenlemelerini sağlayacak bir algoritmadır. Dış mekanlarda ve iç mekanlarda geçen mimari unsurlar ve VR video

oyun projelerinin altyapısını sağlamaya yöneliktir (Avgerinaks, K. Medistskos, G. Dardale, J. ve diğerleri, 2018). Bu algoritma internet ortamındaki metinsel ve grafiksel bilgileri toplayarak bazı sentezleme yöntemleri ile 3 boyutlu modellere dönüştürüyor ve hem mimari mekân oluşturma işini kolaylaştırıyor hem de oyun tasarımcıları için hazır şablonlar çıkarıyor. Bu durum, video oyunlarında mekân tasarımına katkı sağlayan bir yöntemi örneklemenin yanında, farklı disiplinler ve amaçlar için de kullanılabilir olması ile dikkat çekicidir.

Video oyunları, insanlarla en çok etkileşim içinde olan medya araçlarındandır. Hem görsel hem işitsel hem de VR (virtual reality-sanal gerçeklik) gibi yeni teknolojiler ile, 3 boyut algısının yükseldiği bir medyadır. Birebir mekânın içerisinde hissettiren çok çeşitli ve geniş bir yelpazede kullanıcıya dokunan bir yapıya sahip olmaları, mimarlıkla olan ilişkilerini güçlendirmektedir.

Colomina'ya (1994) göre mimarlık; sadece cam, çelik ve beton kullanarak değil; fotoğraf, film, reklam, yayın v.b. medyanın yeni mekanik araçları ile modern olmuştur. Modern mimarlığın medya ile entegrasyonu sonucu insan gözüyle elde edilen bakış açısından, kamera ile elde edilen bakış açısına kayma olmuştur (Colomina, 1994, s. 73,335). Burada özellikle mekân ile ilgili farklı deneyimler sunulmaktadır.

Oyun tasarım sürecinde modellenen gerçek mekanlar, gelecek için bir veri tabanı oluşturmaktadır. Geçtiğimiz günlerde, Notre Dame Katedrali'nin restorasyonu için Ubisoft'un geliştirdiği *Assasin's Creed: Unity* adlı oyundaki görsellerden faydalanılması, oyunlardaki mimari mekanların öneminin anlaşılmasına katkı sağlamıştır. NTV'den İlker Koçaş'ın haberinde bu durumu; "18'inci yüzyıl Paris'ini yaratmak için 14 ay çalışan ekip sadece Notre Dame'ı bilgisayar ortamında aslına uygun olarak aktarabilmek adına toplamda 5 bin saat mesai yapmıştı. Fransız şirketin bağış kampanyasına 500 bin euro bağış yapması ve oyunu ücretsiz hale getirmesi Ubisoft'un böyle bir projeye hazır olduğunun kanıtı" olarak açıklamıştır ("Notre Dame'ı hayata", 2019). Şekil 2'de *Assasin's Creed: Unity* oyunundan kareler görülmektedir.



Şekil 2. *Assasin's Creed: Unity* oyunundan kareler ("*Assasin's Creed*", 2019)

Oyun tasarımı, disiplinler arası bir çalışmayı gerektirir ve mimarlık da dahil olmak üzere farklı uzmanlık alanlarının ortak eseridir. Oyun tasarımında özellikle mekân ve harita kurgusunun gerçekleştirilmesi için, mimari tasarım veya danışmanlık hizmetlerine ihtiyaç duyulur. Ayrıca, mimari tasarım süreci ile benzerlik taşıyan oyun tasarım süreci içinde senaryo ile ilgili gereklilikler, mekânsal düzenlemeler ile

sağlanmaktadır. Bu noktada, oyun tasarımında mimarlığın yerini; oyun tasarım süreci – mimari tasarım süreci etkileşimi, oyunlarda mimari ile sağlanan ana ve yardımcı fonksiyonlar, oyunlarda mekân tasarımı olarak incelemek yerinde olacaktır.

4. OYUN TASARIMINDA MİMARLIĞIN YERİ

4.1. Oyun Tasarım Süreci – Mimari Tasarım Süreci Etkileşimi

Oyun tasarımı süreci, genel olarak mimari tasarım sürecine benzemektedir. Oyun tasarımı tamamıyla bir takım işidir ve programcısından grafikerine kadar takımın her üyesi işini iyi bilmeli ve projeye inanmalıdır. Oyun tasarım süreci, birtakım aşamalardan oluşmaktadır (Yürük, 2002 akt: Çatak, 2003, s. 27). Oyun tasarım süreci disiplinler arası bir olgudur ve bir kurgusu vardır. Bu sürecin başından sonuna farklı uzmanlık alanına sahip insanlar dahil olurlar. Bu süreci anlamak, oyun tasarımında mimarinin yerini anlamak için önemlidir. Tablo 2’de oyun tasarım süreci görülmektedir. En son aşama olan teknik destek aşaması bu sürece sonradan dahil edilmiş, günümüz koşullarında önemsenen bir aşamadır.

Tablo 2 Oyun tasarım süreci (Çatak, 2003 ve Işığın, 2019’ dan yorumlanmıştır)

OYUN TASARIM SÜRECİ

1. TASARIM-ARAŞTIRMA:	Mimari tasarım sürecindeki ihtiyaç listesine benzer bir liste oluşturulur. Bu liste oyun tasarımıyla ilgili üniversitelerde ders veren Altuğ Işığın’a göre; tasarlandığı platform, etkileşim modeli, olay yoğunluğu, beceri türü, değerlendirme derecesi, hedef kitle, idiom, dünya, tür, amaç, rakip, görev, öncül, iş modeli, oyuncu etkileşim modeli, anlatı modeli, oyun görüşü, oyun stili şeklinde birbirini izler.
2. PROTOTİP(ÖNERİ):	Oyunun ister detaylı ister ise çok daha basit geometrilerle anlatımı olan kısa bir bölümüdür. Bu aşama genel süreci görmek ve yatırımcıları ikna etmek için yapmak önemlidir.
3. ÜRETİM ÖNCESİ:	Mimari avan projenin hazırlanıp uygulama projesine geçme aşaması gibidir. Oyun motoru, konsept çizimleri, özellikler – farklılıklar gibi bazı ön hazırlıklar yapılır.
4. ÜRETİM:	Çizim, dokümantasyon, modelleme vb. ön hazırlıkların olmasıyla üretim aşamasına geçilir. Bu

süreçte üretim araçlarının belirlenmesi, oyun motorunun yazılması, sanat elemanlarının belirlenmesi ve çok disiplinli bir tasarım alanı olduğu için proje yönetimi önem taşımaktadır.

5. TEST: Oyunun mevcut halinin kullanıma açılarak testlerin yapıldığı süreçtir. Bu testler alfa testi (sadece geliştirici ekip ve sponsorların profesyonel oyuncularına açık olan test) ve beta testi (geniş bir kitleye açık olan test) olarak adlandırılır.

6. ANALİZ: Oyun piyasaya girdiğinde başarılı veya başarısız olma durumunun nedenlerini araştırma sürecidir.

7. TEKNİK DESTEK: Günümüzde oyunların yayınlandıktan sonra kontrolleri de çok önemlidir. Bug denilen küçük oyun hatalarının düzeltilmesi, oyunun özel günler için bazı modlarının çıkarılması veya tema eklenmesi, hile kullanımının engellenmesi veya oyun kurallarını ihlal eden oyuncuların cezalandırılması gibi hizmetler bu aşamada yapılır.

Oyun tasarım süreci ile mimari tasarım süreci arasında benzerlikler söz konusudur. Makstutis'e (2018) göre, bütün mimar ve tasarımcıların fikir üretme konusunda farklı bir yolu vardır fakat, genel olarak tasarım süreçleri benzer bir örüntüye sahiptir: araştırma, öneri, analiz ve revizyon. Araştırma; müşteri ile görüşme, alan ziyareti, yerel koşulların anlaşılması, alan ve tarih üzerine okumalar, var olan yapılar ve peyzajla ilgili bilgileri kapsar. Yeteri kadar bilgi toplandıktan sonra, bir sonraki aşamada öneri geliştirilir. Burada ön taslak geliştirilmesi söz konusu olduğu için çok detaylı bir çözüm önerisine ihtiyaç yoktur. Analiz aşamasında, geliştirilen önerinin ihtiyaca cevap verip vermediği kontrol edilir. Eğer taslak yeterli bulunmazsa, öneri aşamasına geri dönlür. Eğer yeterli fakat gelişmeye ihtiyaç varsa, revize edilir (Makstutis, 2018, s. 19). Bu noktada, oyun tasarım sürecinin mimari proje tasarım sürecine benzer bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. İlk olarak konu belirlenerek yapılması gerekenler ve yapılanlar hakkında araştırma yapılması, daha sonra bir prototip veya öneri hazırlanması, önerinin başarılı veya başarısız olma durumunun analiz edilmesi ve önerinin gerçekleşme aşamalarında revizyon görmesi her iki süreçte de vardır.

4.2. Oyunlarda Mimari ile İlişkili Ana ve Yardımcı Fonksiyonlar

Oyun tasarımında mekânsal düzenlemeler aracılığı ile oluşturulan mimari, oyunun oynanabilirliği açısından önem taşımaktadır. Çünkü, oyunda çekirdek yapı belirlendikten sonra akla ilk gelen şey karakter ve mekândır. Mekânsal düzenlemeler

aracılığı ile oyunlarda mimarinin ana fonksiyonları, Çatak'a (2003) göre aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Sınırlama: Oyunlardaki işleyiş kuralları için bazı kısıtlar gereklidir. Bu da mimari kullanılarak yaratılan sınırlamalar sayesinde olmaktadır.

Gizleme: Birçok oyunda rakipten saklanmak önemli bir stratejidir. Hem oyuncunun saklanması hem de oyun içerisinde gizli hediyeler saklayarak oynanış zevkinin artırılması için gizlenme gerekli bir unsurdur. Çeşitli mekânsal düzenlemeler buna imkân vermektedir.

Engelleme: Bazı fiziksel parametrelerin doğru işlenmesini ve mantık hatası olmadan oyunun oynanmasını sağlayan sınırlamadan farklı olarak engelleme; oynanışı çeşitlendirmek için kullanılan bazı yöntemleri içermektedir. Bir kale savunması oyunu var diyelim, düşmanları engellemek için planlanmış bir hendek veya mimari bir düzenleme buna örnek olabilir.

Çeşitlendirme: Oyuncunun mimariyi deneyimlemesi ve mekanlar arası bağlantıyı keşfetmesi ancak, mekân araştırması ve farklı mekânların kullanımı ile mümkün olur.

Oyunlarda mimari ile ilişkili ana fonksiyonlar, mekânsal nitelik ve kurguya göre geliştirilen mekân organizasyonu ile ilgilidir. Oyun, senaryosu kapsamında belirlenen kriterlere göre seçilir ve mimari düzenlemeler aracılığı ile uygulanır. Mimaride oyunlar ile ilişkili yardımcı fonksiyonlar ise, oyun senaryosundaki hedeflere göre uygun mekânsal durumu güçlendirici fonksiyonlardır. Oyunda tasarlanan mekanların etkisini güçlendirici kurguları kapsar. Mekânın hissettirdikleri, ortamın atmosferi Tablo 3'te görülen ve Çatak (2003) tarafından belirlenen yardımcı fonksiyonlar için önemlidir.

Tablo 3 Oyunlarda mimari ile ilişkili yardımcı fonksiyonlar (Çatak, 2003, s. 44-47'den yorumlanmıştır)

OYUNLARDA MİMARİ İLE İLİŞKİLİ YARDIMCI FONKSİYONLAR



Şekil 3. GTA: Vice City oyunundan ekran görüntüsü ("GTA Vice", 2019)

Tanıdık gelme: Mekânın fonksiyonunun ne olduğu ile ilgili ipuçlarını verir. Örneğin GTA: Vice City oyununda Malibu Club adlı bir gece kulübü vardır. Bu mekânı görünce bir gece kulübü etkisi yaşanılması için ortam tanıdıkır.



Şekil 4. Assassin's Creed: Revelations oyunundan görüntü ("Assassins-Creed", 2019)



Şekil 5. Apex Legends oyunundan görüntüler ("Apex Legends", 2019)



Şekil 6. Hammer Man oyunundan görüntüler ("Hammer Man", 2019)



Şekil 7 Mafia II oyunundan bir görüntü ("Mafia II", 2019)

Referans verme: Oyunlarda bazı mekânlar gerçek yapıları referans alarak farklı ortamlar oluşturabilir. Örneğin Assassin's Creed: Revelations oyununun Osmanlı döneminde İstanbul'da geçen bir hikâyesi vardır ve çevrede referans veren yapılar görülmektedir.

Başka dünyalar: Tanıdık gelme hissini kırarak kendi oyun evrenlerini oluşturarak farklı hikâyeler ile oyunlar ele alınabilir. Örneğin son dönemin en sevilen Battle royal oyunlarından birisi olan Apex Legends oyununun haritası gibi.

Gerçeküstü mekânlar: Bazı oyunlarda oynanabilirliği artırmak için gerçeküstü mekânlar tasarlanabilir. Örneğin Hammer Man isimli mobil oyunda uçan gerçeküstü mekânlar, oyunun oynama mantığı için gerekli olduğundan oluşturulmuştur.

Atmosfer kurmak: Oyunun hikâyesine uygun ortamı oluşturmak ve duyguyu aktarmak için yapılan mekân tasarımlarıdır. Bu daha karanlık ve puslu bir ortamla gerilim vermek gibi olabilir.



Şekil 8. Worms World Party oyunundan bir görüntü ("Worms World", 2019)



Şekil 9. The Lord of The Rings: The Battle for Middle Earth 2 oyunundan bir görüntü ("The Lord of", 2019)

Komedi etkisi: Oyunun komik bir hikayesi veya atmosferi olabilir. Bunu da genellikle çizgi film benzeri çizgiler tercih ederek tasarlanan mekânlardır.

Mimari klişeler: Bazı oyunlar, tanıdık gelme hilesini kullanarak beğenilen sinema filmlerini konu alan mekânlar ile tasarlanmaktadır. Bunu sonucunda oyun kısa sürede tutulacak ve daha çok satacaktır.

Oyunlarda mimari öğelerin kullanımı, bazı ana ve yardımcı unsurların etkisi ile mekânlara bazı duygular ve derinlikler katmaktadır. Oyunda duygular, oyuncuyu içine, kendi dünyasına çekmesi açısından önemlidir. Bu bölümde anlatıldığı gibi, farklı unsurlar doğru bir şekilde yerine getirildiğinde, oyuncu oyunun içine çekilerek, oyuncuyu alıp kendi dünyasına götürür. Oyunlarda da zaten istenilen budur; oyuncuların kendi dünyalarından kopup hayali distopyaların içinde zaman geçirmesi ve oyunda kalması. Bu noktada oyunlarda mekân tasarımı önemli taşımaktadır.

4.3. Oyunlarda Mekân Tasarımı

Oyunları oynanır kılmak için, belirlenen senaryoya uygun mekân tasarımları yapılmaktadır. Bu mekanların içeriği, atmosferi ve organizasyonu kurguya göre değişebilmektedir. Bu duruma örnek olarak, bir labirent oyunu için önemli olanın labirent içinde gezinmenin yarattığı deneyim olduğu söylenebilir. Bu oyunda mimari tasarım özellikle bu deneyim üzerine odaklanabilir, gerçek dünyadaki labirent mekanlarını birebir örnek almak durumunda değildir. Örneğin, Assasins Creed'in Orta çağın İstanbul'unda geçen bölümünde, o dönemde iki minareli olmasına rağmen Ayasofya dört minareli olarak temsil edilmiştir. Burada gerçeğe birebir uygunluğun aranmadığı, deneyim odaklı, yeni ve başka bir mimari tasarım söz konusudur ("Oyun Başladı", 2019). Mekân tasarımı, senaryo ile ilişkili algısal ortamı ne kadar iyi ifade ederse, oyunun oynanabilirliği o kadar yükselir.

Bilgisayar oyunlarında mekân tasarımını gerçeğe uygun ve olası mekânlar, yarı gerçek ve olası olmayan mekânlar ve gerçeküstü mekânlar olmak üzere incelemek mümkündür (Güzelsoy, 2019). Bu incelemenin gerçek mekândan deneysel mekâna doğru bir açılım sunduğu söylenebilir.

Gerçeğe uygun olası mekânlar, içeren bilgisayar oyunlarında, gerçeğe uygun bir fenomenin taklidi olan veya fantastik bir olay geçmekte, mekânlar gerçeğe uygun kurgulanmaktadır. Tasarımcı gerçek mekândan referans alarak oyundaki mekânı tasarlar. Böylelikle, oyuncuya o mekânın gerçekte de olabileceği hissi verilir ve gerçeğe uygun bir atmosfer yaratmak hedeflenir (Güzelsoy, 2019). Bazı zamanlarda, mekânların birebir kopyaları bile yapılabilir. Birçok oyunda gerçekçiliği arayan oyuncular mevcuttur.

Yarı gerçek ve olası olmayan mekânlar, bilgisayar oyunlarında gerçekliğin çarpıtılması ile tasarlanmış mekânlardır (Güzelsoy, 2019). Hikâyeyi veya oynanabilirliği desteklemek adına, mekân kurgularında bazı gerçek olmayan öğelerin veya durumların kullanılması bu durumu örnekler. Super Mario oyununda da benzer durum söz konusudur; tuğlalar havada asılı kalmaz ama oyunun oynanabilirliğini desteklediği için böyle bir tasarım yapılır.

Gerçeküstü mekânlar, bilgisayar oyunlarında, gerçek dünyada var olması mümkün olmayan mekânlardır. Tasarım aşamasında herhangi bir kural ve inandırıcılık gözetilmez. Tasarımcının hayal gücü ile ilişkili olarak sınırsız çeşitlilik sunabilir (Güzelsoy, 2019). Mimarlıkta mekân tasarımının deneysel boyutu için çok değerli bir bakış açısıdır.

5. ÜÇ FARKLI OYUN ÜZERİNDEN OYUN TASARIMINDA MİMARLIĞIN YERİ

Bu bölümde belirlenen üç farklı oyun tasarımında mimarlığın yeri; oyun tasarım sürecinde etkili faktörler, mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar ve mekân tasarımı açısından değerlendirilecektir. Seçilen oyunlar; son dönemde Notre Dame Katedralinin yangınından sonra gündeme gelen ve tarihi oyunlar içerisinde önemli bir yere sahip olan serinin ülkemizde geçen bölümü olan Assasin's Creed: Revelations, dünyada en çok oynanan ve tanınan FPS oyunu olan Counter-Strike: Global Offensive, iki boyutlu oyun dünyasının da üç boyutlu oyunlar içerisinde yer edinmesi ile gündeme gelen Worms World Party oyunlarıdır. Assasin's Creed: Revelations 1500'lerin İstanbul'unu konu alırken, Counter-Strike: Global Offensive birkaç farklı yer seçerek mekânlar oluşturmaktadır. Worms World Party ise iki boyutlu bir oyun olarak daha farklı bir mekân algısına sahiptir.

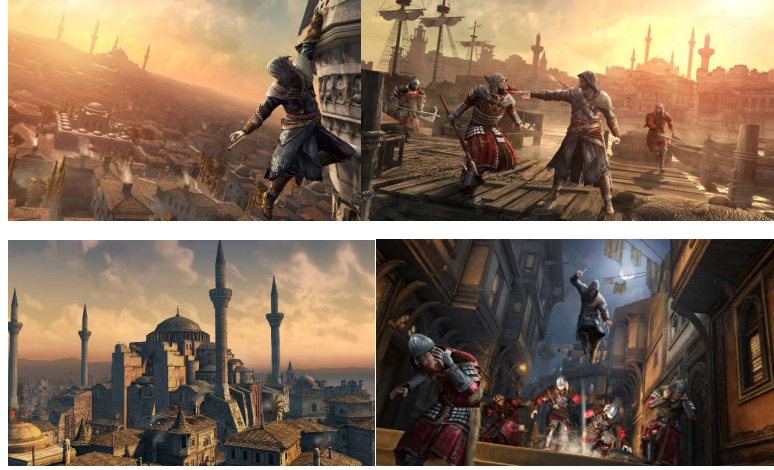
5.1. Assasin's Creed: Revelations

Assasin's Creed serisi Ubisoft'un en önemli oyun serilerinden biridir. Oyun serisi Vladimir Bartol'un yazdığı "Alamut" kitabından esinlenilerek yapılmıştır. 'Alamut', günümüz İran sınırları içerisinde olan ve yapısal bütünlüğünü koruyamayan bir kalenin adıdır. Suikast üzerine temellenen bir oyundur.

Oyun tasarım sürecinde etkili faktörler incelendiğinde; Üçüncü Haçlı Seferi, İtalya Rönesans'ı, Sömürge Dönemi ve Fransız Devrimi gibi birçok dönemde geçmektedir

(“Assasin’s Creed”, 2019). Bu dönemleri en iyi yansıtabilmek adına tarihçiler, silah uzmanları, kostümcüler, mimarlar v.b. birçok disiplinden yardım alınmıştır.

Mekân tasarımı olarak değerlendirildiğinde; Assasin’s Creed: Revelations oyunu gerçeğe uygun olası mekânlar kategorisine girmektedir. Oyunda gerçek mekânlar referans alınmış ve senaryo ile birlikte düşünülerek oyunun geçtiği dönem ve tarihlere uygun olası bir atmosfer yaratılmıştır. İkinci Bayezid Dönemi’nde geçen oyunda, İstanbul silueti tanıtım için en önemli parçalardan birisidir. Oyunda birçok Osmanlı ve Bizans eserlerinin modelleriyle dönem atmosferi verilmeye çalışılmıştır. Bu oyunda ayrıca yüksek yerlere tırmanabilme gibi bir özellik vardır. Bu özelliği kullanarak oyun size görevler vermekte ve oyunun içerisindeki mekânları tanımanıza fırsat tanımaktadır. Birçok insan bu oyunlardan gördükleri üzerine dönemi yorumladıkları için, oyun yapımcılarının bazıları bu tarihsel ve mimari öğelere önem vermektedir.



Şekil 10. Assasin’s Creed: Revelations oyununun tanıtım görseli (“Assassins-Creed”, 2019)

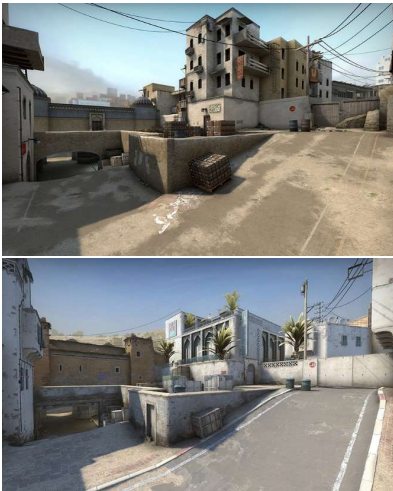
Mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar değerlendirildiğinde; mimari ile ilişkili ana fonksiyonların hepsi kullanılmıştır. Tanıdık gelme, referans verme, başka dünyalar, atmosfer kurmak ve mimari klişeler ise oyun kapsamında kullanılan mimari ile ilişkili yardımcı fonksiyonlardır. Şekil 10’daki görsellerden de anlaşılacağı üzere, Ayasofya ile referans verme, sağda cumbalı ve tarihi evler ile tanıdık gelme fonksiyonları sağlanmıştır. Oyunun bir kısmında da yine tanınırlık etkisinden dolayı ayrı bir harita olan Kapadokya haritası işlenmiştir. Burada, Kapadokya Peri Bacaları içerisinde oyulmuş mağaralarda ve açık alanlarda oyun senaryosu devam etmektedir. Mekânlarda gerçekçilik yakalamak için, oyun kendi içinde birçok detay ile atmosferi oluşturmuş ve atmosfer yaratma fonksiyonunu da sağlanmıştır. Oyunun bazı sahnelerinde yer alan mekânların Alamut kitabındaki tasvirlerle kurgulanmış olması, mimari klişelere örnek verilebilir. Ayrıca oyun tarihi ortamda geçse de ara sıra laboratuvar ortamında uyanma ve oyun başlangıcında yer alan DNA üzerinden tarihe yolculuk, başka dünyalar olarak açıklanabilir. Bu fonksiyonları sağlarken, mimari danışmanlar ile çalışarak doğru kararlar almaya çalışan Ubisoft başarılı oyunlar çıkarmaya devam etmektedir.

5.2. Counter-Strike: Global Offensive

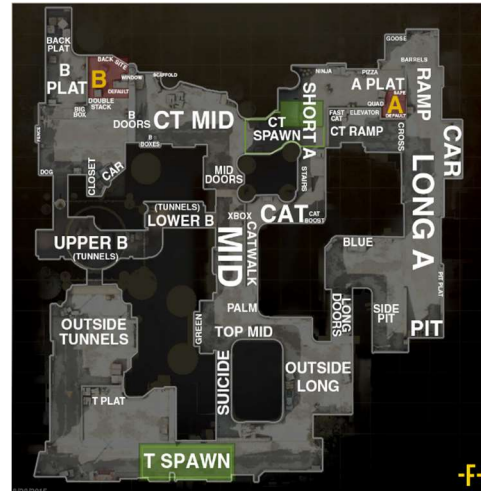
Valve şirketinin çıkardığı oyun olan Counter-Strike, 1999'da Half-Life 2 oyununun eklentisi olarak ortaya çıkmıştır. Daha sonraları gelişerek 1.6 versiyon (2000), Source (2004) ve en son olarak da Global Offensive (2012) isimleriyle piyasaya çıkmıştır. Bu oyun birinci şahıs gözünden oynanan ve oyunun moduna göre rehine kurtarma, bomba kur-imha et v.b. tanımlı görevleri olan bir oyundur.

Oyun tasarım sürecinde etkili faktörler incelendiğinde; oyun içinde çeşitlendirme için yapılmış bir modun beğenilmesi ile oyun farklı bir oyun olarak revize edilmiştir. Bu süreçte analiz bölümündeki geri dönüşler önemli olmuştur. Olay ve oyunun geçtiği bölgeye özel mimari ve karakter çalışmaları yapılmıştır.

Mekân tasarımı olarak değerlendirilmesinde; Counter-Strike: Global Offensive oyunu, yarı gerçek ve olası olmayan mekânlar kategorisine girmektedir. Oyunda yer alan mekânlar, gerçek mekânların senaryo ile ilişkili olarak çarpıtılması ile tasarlanmıştır. Bu durum özellikle oyunun farklı versiyonları incelendiğinde ön plana çıkmaktadır. Şekil 11'de A alanında, oyunda göze rahatsızlık veren gabarisi yüksek olan yapı yok edilip yerine daha minimal bir yapı koyulmuş, açık renkler kullanılmış ve oyundaki saklanma alanlarını azaltılmıştır. Aynı zamanda sağ tarafta duvarın yanındaki yıkılmış parçaların oyuncuların hareketini engellemesinden dolayı kaldırılmıştır. Aslında, burada var olan mekân gerçek mekân referans alınarak kurgulanmış fakat, oyun kuralları ve senaryo ile ilişkilendirilerek var olan durum çarpıtılmıştır. Şekil 12'de A alanının oyunun kurallarına göre yol gösterici nitelikte kurgulanan Dust II haritası yer almaktadır. DUST II haritasındaki bölgelere oyuncuların anlayabilmesi adına mimari özellikleri veya oyun kurallarına uygun isimler verilmiştir. DUST II haritasında oyunun teması Orta Doğu'dur. Mimari öğeler ve doku buna göre şekillenmiştir.



Şekil 11. Counter-Strike: Global Offensive DUST II Haritası A Alanı ("Counter Strike", 2019)



Şekil 12. Counter-Strike: Global Offensive oyununda DUST II Haritası ("Counter Strike", 2019)

Mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar değerlendirildiğinde; mimari ile ilişkili ana fonksiyonların hepsi kullanılmıştır. Tanıdık gelme, referans verme ve atmosfer kurmak ise, oyun kapsamında kullanılan mimari ile ilişkili yardımcı fonksiyonlardır. Ortadoğu temasıyla ele alınan oyunda, kemerler ve az katlı yığma yapı görünüşleri, tanıdık gelmeye örnek verilebilecek mekân kurgularındandır. Köprü ve tünel ise gerçekte var olan mekâna referans vermektedir. Ayrıca mekân organizasyonları senaryo ile bütünleşik bir yaklaşımla ele alınmış ve oyun için önemli olan atmosferin hissedilmesi sağlanmıştır.

5.3. Worms World Party

Team17 tarafından 2001’de geliştirilen bu oyun, dönemde 3 boyutlu oyunların popüleritesine rağmen 2 boyutlu bir oyundur. Aslında bu oyun serisi 1994 yılından bu yana devam eden bir seridir. En son Worms 2010 oyunu ile seri bitmiştir. Bu seri aralığında 3 boyutlu bir Worms oyunu geliştirilse de akılda kalıcıları yine 2 boyutlu olanlardır. Solucanların savaşı üzerine kurulu bir oyundur.

Oyun tasarım sürecinde etkili faktörler incelendiğinde; diğer iki oyundan bağımsız olarak mekân kurgusunun hazır olarak sunulmasının yanı sıra, algoritma ve belirli parametreler ile rastlantısal mekân oluşturma imkânı ve kendi mekanını çizme gibi bir katılımcı tasarım etkisi de söz konusudur.

Mekân tasarımı olarak değerlendirilmesinde; oyundaki mekânların birbirleri ile, çevre ile ve var olan nesnelere ilişkileri gerçekte var olmayan ve gerçek bir mekândan referans almayan bir durumu sergilemektedir. Solucan karakterine göre üretilmiş mekânlar, gerçeküstü mekânlar kategorisinde değerlendirilmektedir. Şekil 13’te görüldüğü gibi oyunda mekân tasarımı tamamen silahlardan saklanma taktikleri üzerine geliştirilmiş ve yükseklik sınırlayıcı etken olmuştur. Oyundaki uçaklar görsel olarak gerçek uçakları yansıtırsa da mekânsal olarak uçak değil sadece yüzey oluşturmak için oradadırlar.



Şekil 13. Worms World Party oyunundan görsel (“Worms World”, 2019)

Mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar değerlendirildiğinde; mimari ile ilişkili ana fonksiyonların hepsi kullanılmıştır. Tanıdık gelme, başka dünyalar, gerçeküstü mekanlar, atmosfer kurmak ve komedi etkisi ise oyun kapsamında kullanılan mimari ile

ilişkili yardımcı fonksiyonlardır. Tanıdık gelme fonksiyonu, gerçek hayatta karşılaşacağımız nesnelerin mekânı tanımlamada kullanılması ile sağlanıyor. Oyunda zeminin lavdan oluşması oyun evreninde başka bir dünyanın kapısını aralamaktadır. Oyun karakteri olan solucanlar için gerçeküstü mekân tasarımı söz konusudur. Ayrıca, yer çekiminin olmadığı bölümlerde bunu desteklemektedir. Mekânı tanımlayan alan; nesnelere, müzik ve arka plan ile birlikte bir atmosfer oluşturmaktadır. Aynı zamanda oyunda çizgi film etkisi oluşturularak komedi etkisi verilmektedir. Bu da oynanabilirliği artırarak, amaca ulaşmayı kolaylaştırır.

6. DEĞERLENDİRME

Tasarım sürecine farklı disiplinlerin dahil olduğu bilgisayar oyunlarında mimarlığın yeri önem taşımaktadır. Bu çalışmada üç farklı kategorideki oyun tasarımında mimarlığın yeri; oyun tasarım sürecinde etkili faktörler, mimari ile ilişkili ana ve yardımcı fonksiyonlar ve mekân tasarımı açısından incelenmiştir. Tablo 4 bu inceleme sonucu üç oyun üzerinden mekân tasarımı ile mimari fonksiyonların etkileşimi sonucu elde edilen bilgilerin karşılaştırmalı analizini göstermektedir.

Tablo 4. Üç Oyun Üzerinden Mekân Tasarımı İle Mimari Fonksiyonların Etkileşimi

Üç Oyun Üzerinden Mekân Tasarımı İle Mimari Fonksiyonların Etkileşimi			
Oyun Adı	Assasin's Creed: Revelations	Counter-Strike: Global Offensive	Worms World Party
Sınırlama	+	+	+
Gizleme	+	+	+
Engelleme	+	+	+
Çeşitlendirme	+	+	+
Mekân sınıfı	Gerçeğe uygun olası mekânlar	Yarı gerçek olası olmayan mekânlar	Gerçeküstü mekânlar
Tanıdık gelme	+	+	+
Referans verme	+	+	-
Başka dünyalar	+	-	+
Gerçeküstü mekanlar	-	-	+
Atmosfer kurmak	+	+	+
Komedi etkisi	-	-	+
Mimari klişeler	+	-	-

Değerlendirmek üzere seçilen bütün oyunlarda mimari ile ilişkili ana fonksiyonların hepsi mevcuttur. Sınırlama, gizleme, engelleme, çeşitlendirme her bir oyun kapsamında yer almaktadır. Ana fonksiyonlar oyunlar için mutlaka olması gereken temel öğelerdir. Yardımcı fonksiyonlar ise oyunun canlılığını ve oynanabilirliğini arttırmak için kullanılan ikincil öğelerdir. Tanıdık gelme ve atmosfer kurma fonksiyonlarının, üç farklı mekân kurgusunda da ortak olarak kullanıldığı görülmektedir. İnsan doğası gereği tanıdık bir olay, nesne, mekân ile daha çabuk bağ kurabilir. Tanıdık gelme bu nedenle önemlidir. Atmosfer kurmak ise her mekân kurgusunda ortamın etkisini arttıran ve mekânı hissedilebilir kılan temel fonksiyondur. Referans verme fonksiyonu ise sadece gerçeküstü mekân kurgusu olan Worms World Party de görülmemektedir. Gerçeküstü mekân kurgusunda gerçek dünyaya referans verme durumu çok olası değildir. İçerik, animasyon niteliği ve görsel temsille direkt ilişkili olan komedi etkisi ise, sadece gerçeküstü mekân tasarımına sahip Worms World Party oyununda görülmektedir. Başka dünyalar fonksiyonunun birbirine zıt iki mekân kurgusunda yani gerçeğe uygun olası mekanlar ve gerçeküstü mekanlarda da var olması ilginçtir. Bu fonksiyon her iki oyunda da senaryo ile ilişkili olarak ve farklı ele alışlarla kullanılmıştır. Mimari klişelerin ise, bir kitap uyarlaması olan ve gerçeğe uygun mekânlar kategorisine giren Assassin's Creed Revelations oyununda olduğunu; yaratıcılık ve hayal gücü kullanımına daha yatkın olan yarı gerçek olası olmayan mekânlar ve gerçeküstü mekânlar içeren oyunlarda yer almadığını görülmektedir.

7. SONUÇ

Bir medya aracı olarak bilgisayar oyunları teknolojinin sağladığı yeni imkânlar ile birlikte sadece kişisel hobi olmanın ötesine geçmiştir. Günümüzde insanlarla en çok etkileşim içinde olan, bilgisayar teknolojilerinin imkânlarını kullanarak farklı alanlarda insanların hayatlarına dokunan bir boyuta ulaşmıştır. Eğitim alanında ve profesyonel iş hayatında özel bir motivasyon kaynağı olmanın yanı sıra, insanlara farklı mekânsal deneyimler yaşatmaktadır

Bu mekânsal deneyimleri yaşatan kurgu, mimarlık disiplini başta olmak üzere, farklı tasarım disiplinleri ile birlikte çalışmayı gerektiren bir tasarım süreci sonucu ortaya çıkmaktadır. Oyundaki mimari mekânlar için mimarlardan danışmanlık ve teknik konularda da çizim, modelleme vb. gibi yardımlar alınabilir. Aynı zamanda bu mekanların dokuları için; grafikerler, işleyiş ve fiziği için; programcılar, oyun ses ve müzikleri için; müzisyen ve ses sanatçıları v.b. birçok alanda kendi alanında uzmanlara ihtiyaç duyulabilir.

Bilgisayar oyunlarının tasarım süreci temel olarak mimari tasarım süreci ile büyük benzerlikler içermektedir. Bu durumda gelecekte, bilgisayar oyunları tasarım sürecinin, mimari tasarım sürecinin disiplinler arası boyutunu güçlendiren bir yöntem olarak ele alınması ve araştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Oyunlarda en büyük oynanabilirlik unsuru mimari mekânlardır. Oyunlarda her zaman bir mekâna ihtiyaç duyulmuştur. Bu mekân tasarımlarının gerçeğe uygun olası

mekânlar, yarı gerçek olası olmayan mekânlar ve gerçek üstü mekânlar olarak tasarlanma gerekliliği farklı mimari taktikler gerektirmektedir. Değerlendirme bölümünde yapılan karşılaştırmalı analiz sonuçları da bunu destekler niteliktedir.

Araştırma kapsamında ele alınan; oyunlarda mekân tasarımı için kullanılan farklı taktikler, farklı amaçlar için de kullanılabilir. Bu durumu Çatak (2003), oyunda müşterinin evi gezmesi ve oyunun müşteri orada yaşıyormuş gibi simule edilmesi ile mimari projenin pazarlanması için bir öneri sunarak yorumlamıştır. Ayrıca Cities: Skylines oyununda oyuncu; bir şehrin alt yapı, üst yapı gibi unsurlarını planlayan bir belediye başkanı rolü üstlenmektedir. Değerlendirme bölümünde yapılan çıkarımlar dikkate alınarak, bunlara benzer bir simülasyon oyunu önerilmesi ve profesyonel bir ekip tarafından daha gerçekçi verilerle tasarlanması; mevcut şehirlerin yapı ölçeğinde oluşabilecek sorunlarının yatırım yapılmadan veya daha büyük zararlara yol açmadan yatırım anında çözülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu durumda, bilgisayar oyunu tasarımlarında mimarların daha aktif rol alması, bu alanda kendilerini geliştirmeleri olumlu olacaktır. Böylece mimarlık için ayrı bir uzmanlık alanı oluşturulabilir.

Assasin's Creed: Unity oyununda Notre Dame Katedrali'nin, Assasin's Creed: Revelations oyununda Ayasofya'nın yer alması gibi UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer alan ve gerçeğe uygun olası mekânlarda geçen oyunlar mevcuttur. Bu durum, bilgisayar oyunlarının mimari koruma konusuna sağladığı önemli bir katkıdır. Gelecekte, Dünya Miras Listesi'nde yer alan diğer mekânları tanıtmayı amaçlayan farklı oyunların geliştirilmesi doğal ve kültürel değerlerin korunması için önemli bir adım olabilir.

Mimarların oyun tasarımı üzerine kendilerini geliştirmeleri, formel eğitim kapsamında almış oldukları ders içerikleri düşünüldüğünde çok zor olmayacaktır. Genel prensip olarak temel tasarım ve tasarım stüdyolarında almış oldukları eğitimler bu süreç için temel oluşturabilir. Ama araştırma kapsamında da tespit edildiği gibi oyunlar farklı mekân kurguları içermektedir. Bu da mimarlığın deneysel mekân araştırma alanı olarak görülebilir. Bu kapsamda, gelecekte mimarlık eğitiminde bu konu üzerine mesleki seçmeli dersler önerilebilir. Bu dersler kapsamında oyun tasarım sürecinin nasıl işlediği, oyun ve gerçek hayat fiziği arasında nasıl farklılıklar olduğu, oyun mekanlarının oynanabilirlik adına ne şekilde gelişebileceği tartışılabilir. Hem bilgisayar oyunu tasarımı yaptırıp hem de o oyunları öğrencilere deneyimleten bir ders önerisi, öğrenciler için daha verimli olabilir. Metin içinde aktarılan, Özcan, Akbay ve Karakuş (2016) tarafından yapılan ve bilgisayar oyunlarının uzamsal görselleştirme ve zihinsel döndürme becerilerini geliştirdiğini gösteren araştırma da bu durumu destekler niteliktedir.

Mimarlar için oyun tasarımı belki dersler ile belki ilgi alanlarının değişmeleri ile yeni bir iş kolu olarak da düşünülebilir. Günümüz şartlarında mimarlığın birçok rolü olması ve bu rollerden bazılarının doyum noktasına yaklaşması, bunun ardından yeni yetişen mimarlar için gerekli olacak iş alanları için bir çözüm yolu olabilir.

KAYNAKÇA

- Aktaş, C. (2007). Yeni Medyanın Geleneksel Medya İle Karşılaştırılması. G. Erol (Ed.), *Medya Üzerine Çalışmalar* (s. 11) Beta Yayınları.
- Apex Legends (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: <https://www.ea.com/games/apex-legends/media?isLocalized=true>
- Assassin's Creed (2019, 1 Mayıs). Erişim Adresi: https://en.wikipedia.org/wiki/Assassin%27s_Creed
- Assassins-Creed-Revelations (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: <https://www.amazon.co.uk/Assassins-Creed-Revelations-PC-Code/dp/B01N6C53YG?th=1>
- Assasin's Creed: Unity Oyunu, Notre-Dame (2019, 25 Nisan) Erişim Adresi: <https://assassinscreed.fandom.com/wiki/Notre-Dame>
- Avgerinakis, K., Meditskos, G., Dardaele, J. ve diğerleri. (2018). V4 Design for enhancing architecture and video game creation, *Proceedings of the IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct, 16-20 Oct. 2018, Munich, Germany*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/328768312_V4Design_for_Enhancing_Architecture_and_Video_Game_Creation
- Ayanoğlu, M. (2006). *Mimarlık Eğitiminde Üç Boyutlu Bilgisayar Oyunu Motorlarının Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Black Mirror: Bandersnatch* (TV dizisi) (2019, 25 Nisan) Erişim Adresi: <https://www.netflix.com/tr/title/80988062>
- Bostancı, B. (2008). *Mimari Tasarımda İletişim Modeli Olarak Oyun* (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Colomina, B. (1994). *Privacy And Publicity: Modern Architecture As Mass Media* (4. Baskı). MIT Press.
- Counter Strike: Global Offensive (2019, 2 Mayıs) Erişim Adresi: <http://counter-strike.net/dust2>
- Çatak, G. (2003). *Bilgisayar Oyunlarında Mimarinin Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi) Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fortnite'in anlık oyuncu sayısı 10 milyonu aştı. (2019, 10 Haziran). Erişim adresi: <https://www.ntv.com.tr/teknoloji/fortnitein-anlik-oyuncu-sayisi-10-milyonu-asti,RX8VsSzLUUS5Gbayj0uUIw>
- Gani, V. (1996). Medya ve Eğitim. *Yeni Türkiye Dergisi*, 12, İstanbul.

- GTA Vice City (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: <http://gtavicecitypsp.blogspot.com/2011/09/gta-vc-malibu-club.html>
- Güzelsoy, G. (2019, 23 Mart) Dijital Oyun Tasarımında Mekan Kurgusu (Blog yazısı). Erişim Adresi: <https://mimaritasarimsurecveetkilesimleri.wordpress.com/2016/12/16/dijital-oyun-tasariminda-mekan-kurgusu/>
- Hammer Man (2019, 5 Mayıs) Erişim Adresi: <https://edamame.reviews/hammerman-review/>
- Hocaoğlu, Y. (2011). *Kentsel Tasarım-Mimarlık ve Medya* (Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Işığan, A. (2019, 28 Nisan) Oyun Tasarımı (Blog yazısı). Erişim Adresi: <https://oyuntasarimiblog.wordpress.com/>
- Liu, Y. (2003). Rethinking Digital Architecture: The Coexistence Of Physical And Virtual Spaces. Y. Liu (Ed.), *Developing Digital Architecture: 2002 FEIDAD Award* içinde (s.7). Birkhauser.
- Mafia II (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: <https://www.tamindir.com/windows/mafia-2/>
- Makstutis, G. (2018). *Design Process In Architecture: From Concept To Completion* (1. Baskı). Laurance King Publishing.
- Notre Dame'ı hayata döndürebilmek için 3 seçenek (Bilgisayar oyunu da masada) (2019, 19 Nisan) Erişim Adresi: <https://www.ntv.com.tr/yazarlar/ilker-kocas/notre-damei-hayata-dondurebilmek-icin-3-secenek-bilgisayar-oyunu-da-masada,RXPTuq394EmLZZyA2UTYhQ>
- Oyun Başladı (2019, 11 Nisan) Erişim Adresi: <https://xxi.com.tr/i/oyun-basladi>
- Önal, S. (2012). *Video Oyunlarında Mekan Algısı ve Mimari* (Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) Erişim Adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Özcan, K. V., Akbay, M. ve Karakuş, T. (2016). Üniversite Öğrencilerinin Oyun Oynama Alışkanlıklarının Uzamsal Becerilerine Etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, Cilt 24 No 1, 37-52.
- Steam İstatistik Sayfası (2019, 9 Mayıs) Erişim Adresi: <https://store.steampowered.com/stats/Steam-Game-and-Player-Statistics?l=turkish>
- The Lord of The Rings: The Battle for Middle Earth 2 (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: <https://www.youtube.com/watch?v=bixjfZljslw>
- Türk Dil Kurumu Sözlükleri (2019, 5 Mayıs) Erişim adresi: http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=medya

Wijman, T. (2019, 3 Mayıs) Mobile Revenues Account for More Than 50% of the Global Games Market as It Reaches \$137.9 Billion in 2018 (web makale) Erişim Adresi: <https://newzoo.com/insights/articles/global-games-market-reaches-137-9-billion-in-2018-mobile-games-take-half/>

Worms World Party (2019, 5 Mayıs). Erişim Adresi: https://store.steampowered.com/app/270910/Worms_World_Party_Remastered/

Yılmaz, E. A. (2018). *Yeni Nesil Motivasyon İş'te Oyunlaştırma* (1. Baskı) Ceres Yayınları.

Yürük, E. (2002). Ne Oynadığınızı Bilin!. *Level*, 12, 26-29.

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2, Issue: 1, p. 23-39, 2019

ÇOK DÜŞÜK FREKANSLI (VLF) RADYO ALICILARI İLE $M \geq 6.0$ + DEPREM ÖNCÜLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF $M \geq 6.0$ + EARTHQUAKE PRECURSORS WITH VERY LOW FREQUENCY (VLF) RADIO RECEIVERS

Mustafa Ulukavak¹

İsmail Demiryeye²

(Received 26.07.2019 Published 05.08.2019)

Özet

Depremler sismik faaliyetler olduğu için meydana gelmeden önce çeşitli belirtiler ortaya çıkmaktadır. Sismik aktivitelerin meydana getirdiği etkilerinden birisi de alt iyonosfer tabakası üzerinde olduğu bilinmektedir. Bu sebeple iyonosfer tabakası üzerindeki değişimler gözlemlenerek muhtemel sismik olaylar tespit edilmeye çalışılmaktadır. Yerkürede meydana gelen kabuk hareketlerinin oluşturduğu titreşimler, insanlar üzerinde sadece sarsıntı olarak değil insanların doğrudan algılayamadığı bazı çevresel değişimlere de yol açmaktadır. Bu değişimler farklı yöntem ve cihazlarla tespiti yapılacak şekilde modellenenmektedir. Bu yöntemlerin incelenmesindeki temel parametrelerden birisi de Çok Düşük Frekans (VLF) sinyal değerlerindeki değişimdir. Bu amaçla deprem öncesi ve sonrası alt iyonosfer tabakasında meydana gelen değişimlerin VLF sinyallerinden elde edilen değişimlerle modellenerek aralarındaki ilişkinin ortaya çıkarılması deprem öncesi iyonosferik değişimlerin belirlenmesinde kullanılabilir. İyonosferin bu bölgesinde gerçekleşen geçici karışıklıkların VLF sinyalleri ile uzaktan algılama sistemlerinde kullanılması birçok araştırmanın konusu olmuştur. Yapılan çalışmalarda VLF dalgalarının iyonosferin alt tabakasından (D bölgesinden) yansması kuralı üzerine kurulu olduğu görülmektedir. İyonosferin, depremlerden önceki birkaç gün içerisinde, yansıtılmasını sağladığı elektromanyetik dalgalar üzerinde bazı analiz edilebilir değişiklikler göstermektedir. Bu değişiklikleri belirli matematiksel ve istatistiksel modellerle anlamlandırabilmek, depremlerin gerçekleşmeden önce ortaya çıkabilecek muhtemel öncülerini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, 17 Ocak 1995 Kobe ($M=7.2$), 6 Ocak 2008 ($M=6.2$) Yunanistan

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63300, Şanlıurfa, mulukavak@harran.edu.tr

² Yük. Lis. Öğr., Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 63300, Şanlıurfa, ismaildemiryeye@harran.edu.tr

Ulukavak, M. & Demiryeye, İ. (2019). Investigation of $M \geq 6.0$ + Earthquake Precursors with Very Low Frequency (VLF) Radio Receivers. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 2 (1): 23-39.

Depremi, 25 Nisan 2015 (M=7.8) Nepal-Gorkha depremi ve bu depremin 12 Mayıs 2015 (M=7.3) tarihinde gerçekleşen artçı depreminin, 12 Ocak 2010 (M=7.0) Haiti ve 11- 21 Kasım 2016'da Japonya'nın açık denizlerinde meydana gelen sırasıyla M=6.1 ve M=6.9 büyüklüklerindeki iki depremin alt iyonosfer tabakasında meydana gelen sinyal yayılımları sonucunda ortaya çıkan deprem öncülü sonuçlarının incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Düşük Frekans, Deprem, Deprem Öncülü, VLF

Abstract

Since earthquakes are seismic activities that various symptoms appear before they occur. One of the effects of seismic activity is known to be on the lower ionosphere layer. For this reason, changes on the ionosphere layer are observed and possible seismic events are tried to be determined. Vibrations caused by crustal movements in the earth cause not only concussion on humans but also some environmental changes that people cannot perceive directly. These changes can be modelled in such a way that different methods and devices can detect them. One of the main parameters in the examination of these methods is the change in Very Low Frequency (VLF) signal values. For this purpose, the changes in the lower ionosphere layer before and after the earthquake can be modelled with the changes obtained from VLF signals and the relationship between them can be used to determine the pre-earthquake ionospheric changes. The use of transient disturbances in this region of the ionosphere in VLF signals and remote sensing systems has been the subject of many studies. In the studies, it is seen that the VLF waves are based on the reflection rule of the ionosphere substrate (from the D region). It shows some observable changes on the electromagnetic waves that the ionosphere provides to be reflected within a few days before earthquakes. Understanding these changes with specific mathematical and statistical models reveals the possible precursors of earthquakes before they occur. In this study, January 17, 1995 Kobe ($M = 7.2$); January 6, 2008 ($M=6.2$) Greece Earthquake; April 25, 2015 ($M=7.8$) Nepal-Gorkha and the aftershocks of this earthquake on May 12, 2015 ($M=7.3$) Earthquake; January 12, 2010 ($M=7.0$) Haiti and 11-21 November 2016 Japan ($M=6.1$ and $M=6.9$) earthquakes in the lower ionosphere layer emitted as a result of the earthquake precursor results examination was carried out.

Keywords: Very Low Frequency, Earthquake, Earthquake Precursor, VLF

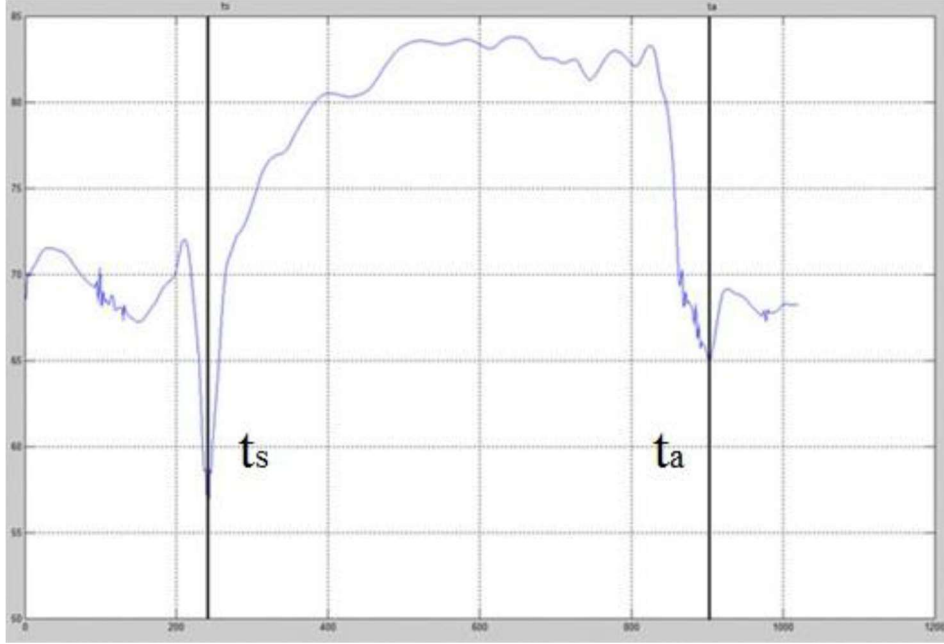
1. GİRİŞ

Yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına deprem denir (URL-1, 2019). Dünyanın oluşumundan beri, sismik yönden aktif bulunan bölgelerde depremlerin art arda olduğu ve sonucundan da milyonlarca canlının ve yaşam alanlarının yok olduğu bilinmektedir. Depremlerin meydana geliş aşamalarındaki belirsizliklerden dolayı, depremlerin ne zaman, nerede ve hangi büyüklüklerde meydana geleceği günümüzde halen keşfedilebilmiş değildir. Bunun yerine deprem konusunda çalışan bilim adamları tarafından deprem öncülerinin belirlenmesi ve deprem tahmininde bu öncülerin kullanılması üzerine birçok araştırma yapılmaktadır. Deprem öncesi öncülerinin tahmini konusunda yapılan çeşitli araştırmalar farklı disiplinlerin çalışmaları altında devam etmektedir. Çok Düşük Frekanslı (VLF) işaretler ile İyonküre ilişkisi, deprem Toplam Elektron İçeriği İlişkisi (TEC), Radon Gazı Ölçümü ve Kayaç Gerginliği Metodu başta olmak üzere birçok araştırma alanı bulunmaktadır (Ulas, 2011). Bu yöntemlerin tamamı derin olmayan (<100 km) fay kırıklarında kullanılan yöntemlerdir ve 100km'den daha az derinliklerde oluşan depremler yüzeysel depremler olarak nitelendirilmektedir (M Hayakawa vd., 2011).

Depremlerin önceden tahmin edilebilmesi için deprem etki alanı çevresinde meydana gelen değişimlerin incelenmesi gerekmektedir (Dobrovolsky, Zubkov, & Miachkin, 1979). Bu amaçla yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bilim adamları insanlığın doğal afetlerden zarar görmemesi veya bu zararı en aza indirgeyebilmek adına tedbirler almakta ve bu yönde yapılan çalışmalarını sürdürmektedirler. Doğal afetlerden en yıkıcısı olan depremin meydana geliş zamanını tam anlamıyla kestirebilmek şu an için mümkün olmamaktadır ama çevresel değişimler üzerinde yarattığı etkilerin incelenmesi ve analizi bu yönde yapılan çalışmaların başlangıcı olarak kabul görmektedir.

Bir depremin oluşumundan önceki süreçlerde, iyonosferin dalgaları yansıtma özelliğini değiştirecek etkilerde bulunmaktadır (Biagi vd., 2009; Molchanov & Hayakawa, 1998). Depremler dünyanın elektromanyetik alan değişimlerini etkileyebilmektedirler (Catherine vd., 2017). Depremler meydana gelmeden önceki süreç içerisinde, iyonosferin yansıtılmasını sağladığı elektromanyetik dalgalar üzerinde analiz edilebilir bazı değişiklikler göstermektedir (Hayakawa vd., 2011). Bu değişiklikleri belirli matematiksel ve istatistiksel modellerle anlamlandırabilmek, depremlerin gerçekleşmeden önceki süreçte tahminini sağlama olasılığını yükseltmektedir. Literatürde Çok Düşük Frekanslı (VLF) radyo sinyali izlemesi yapılan ve iyonosfer radarı denilen iyonosondalardan elde edilen iyonosferdeki değişimlerin incelenmesinin yanı sıra yine GNSS gözlemleri ile elde edilen GPS-TEC değişimlerinden deprem öncesi iyonosferik öncülerin belirlenmesi yapılmaktadır (Ulukavak & Yalcinkaya, 2017).

VLF işaretlerinin değişimi ile yapılan birçok çalışma depremlerin öncesinde ortaya çıkan muhtemel öncülerinin belirlenmesinde bir araç olarak kullanılabilir. İstatistiksel veri dağılımı uygulaması kolay bir hesaplama yöntemi olmakla beraber elektromanyetik dalga üzerindeki deprem bilgisinin belirginleştirilmesi açısından da başarılı çalışmalara konu olmuştur. Araştırmalarda genellikle VLF sinyallerine ait kayıtların değişimleri istatistiksel olarak incelenerek, sinyallerin elektromanyetik dalgalarına üzerinden analizler yapılmaktadır. İşlemlerde kullanılacak veriler VLF işaretlerinin faz ve genlikleri olabilmektedir. Faz veya genlik değerlerinin ortalama değere olan farklarının belirli bir seviyenin üzerine çıkması, muhtemel deprem öncülü olarak kabul edilmektedir. Ayrıca sinyalin kesim zamanı (gün doğumu ve gün batımı) değişimleri veya gece sürelerinin dalgalanmalarının ortalama değerlerine göre 2σ testlerinden geçirildiği yapılan birçok çalışmada açıklanmıştır (Hayakawa vd., 2011; Masashi Hayakawa vd., 2012; Muto vd., 2009). Şekil 1’de sinyal kesim sürelerinin işaretlendiği bir uygulama görülmektedir (Molchanov & Hayakawa, 1998).



Şekil 1. Elektromanyetik dalga üzerindeki kesim zamanı tespiti

Şekil 1’de bir gün içerisindeki gün doğumu (t_s) ve gün batımı (t_a) anlarına denk gelen yerel saatleri göstermektedir. Bu çalışma için günlük kaydedilen sinyal değişimleri boyunca ortalama değerler hesaplanmış ve ortalama değer ile anlık farklara bağlı anomaliler eşitlik (1)’den elde edilmiştir.

$$dt_i = t_i - t_{i-1} \quad (1)$$

dt_i , eşitlik (1)’e göre hesaplanan, sinyalin faz veya genliklerden ölçülmüş olan kesim zamanı değerlerinin ortalama kesim zamanı ile olan farkıdır. Bu eşitlik ile kesim zamanı ve depremin olduğu aralıktaki kesim zamanlarının ortalama değerlerinden olan farkları alınmaktadır (Horie, Maekawa, Yamauchi, & Hayakawa, 2007).

$$\sigma = \sqrt{(t_i - t_{i-1})^2} \quad (2)$$

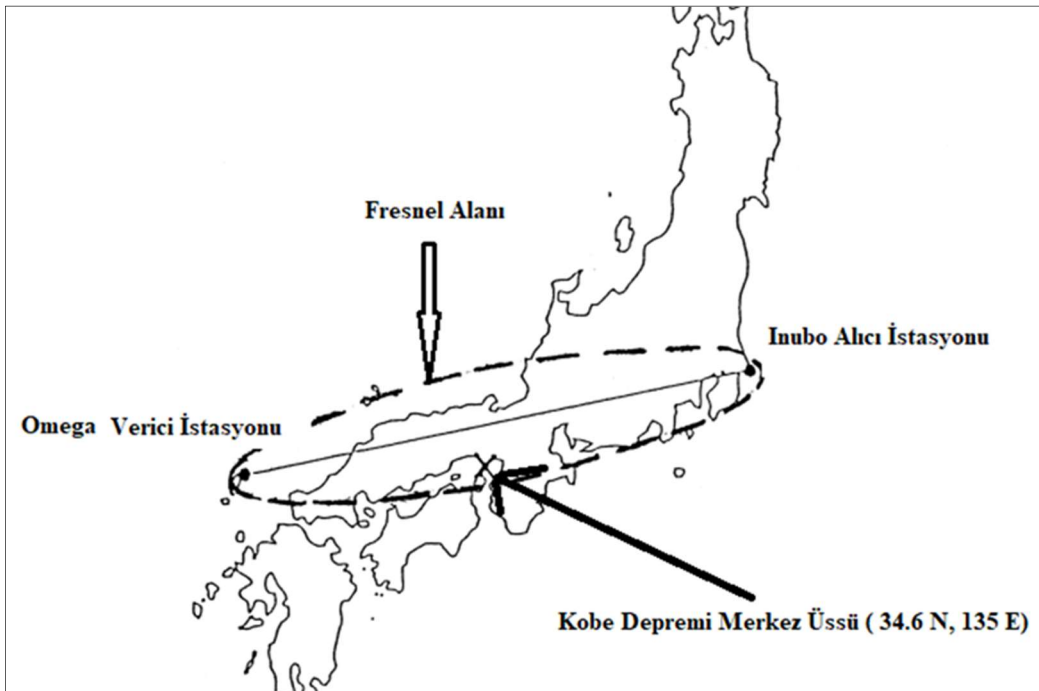
Eşitlik (2)' den elde edilen değerler ile çizilen grafiğin 2σ seviyesini aşan değerlere sahip olan günler için deprem öncesi anomalilerin gerçekleştiği günler bulunulacaktır (Molchanov, Hayakawa, Oudoh, & Kawai, 1998).

2. VLF SİNYALLERİ VE DEPREM İLİŞKİLERİNİN ARAŞTIRILMASINA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Son yıllarda, deprem öncesi iyonosferde meydana gelen değişimler ile VLF sinyallerindeki değişimlerin depremlerle arasındaki ilişkisi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

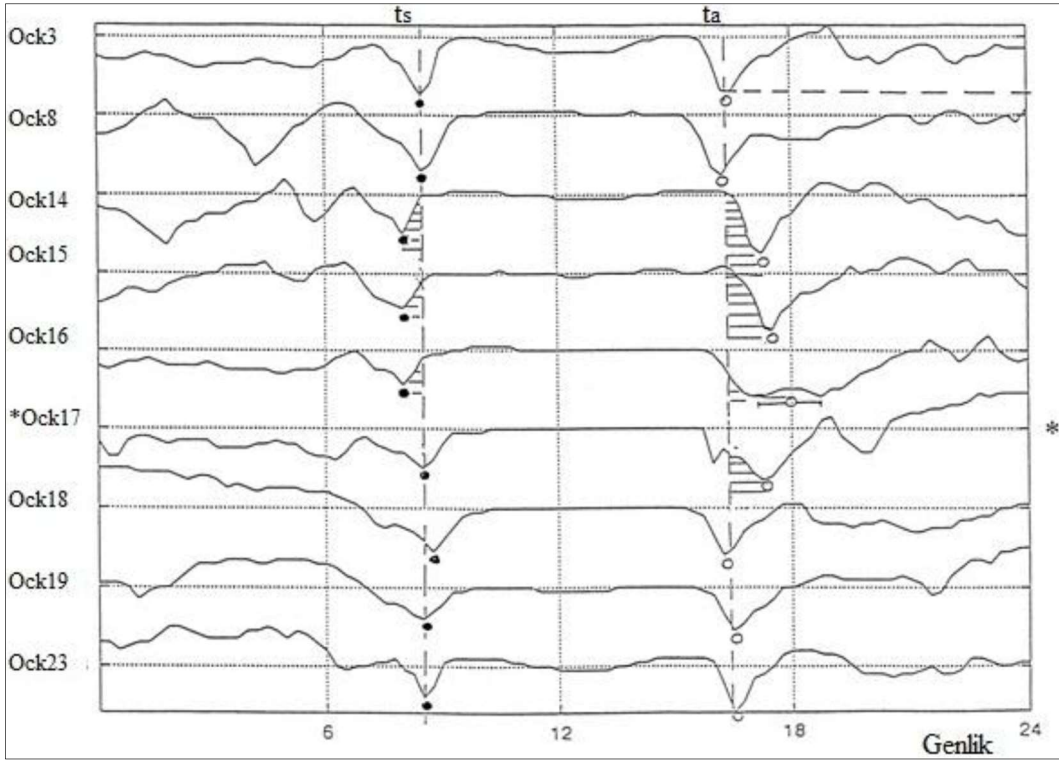
2.1. 17 Ocak 1995 Kobe Depremi (M=7.2)

Molchanov vd., (1998)'in yapmış olduğu çalışmada, depremlerin gerçekleşmeden önceki zaman dilimlerinde haberci olabilecek bazı değişimlerin var olduğunu ifade etmektedir. Bu çalışmada Kobe/Japonya yakınlarında 17 Ocak 1995'te M=7.2 büyüklüğünde gerçekleşen depremde elde edilen veriler kullanılmıştır. Gerçekleşen depremler sırasında kaydedilmiş olan VLF sinyallerinin üzerinde kesim zamanı (gündoğumu ve günbatımı) ile veri işleme teknikleri kullanılarak bir çalışma yapılmıştır. Sinyallerin yayılım yolu üzerinde gerçekleşen bu deprem aynı zamanda etkilerin en iyi şekilde olduğu Fresnel Alanının içerisindeydi. Depremin gerçekleştiği bölge ve elektromanyetik dalgaların yayılım ağı Şekil 2'de gösterilmiştir. Fresnel Alanı, VLF alıcıları ve VLF vericilerinin odak noktaları için eliptik bir alanı temsil etmektedir.



Şekil 2. Alıcı-Verici istasyonları, Fresnel Alanı ve depremin merkez üssü

Kobe depreminin merkez üssü ile Omega verici istasyonu (12.8 kHz) arasındaki mesafe yaklaşık 525km, Inubo alıcı istasyonu arasındaki mesafe ise yaklaşık 550km'dir. VLF alıcılarının, Fresnel Alanı içerisinde yer alması sismolojik karışıklıkların alt iyonküreden yansıyan VLF sinyal yayılımına etkisini artıracaktır. Daha önce de belirtilen, kesim zamanları üzerine yapılan istatistiksel bir çalışmanın daha güvenilir sonuçlar ürettiği bilgisi yapılan araştırmada ortaya koyulmuştur (Molchanov vd., 1998). Şekil 3'te verilen grafikte faz genlikleri depremin önceki ve sonraki günleri için çizilmiştir. Kesim zamanları fazın en düşük seviyeye inmiş olduğu anları göstermektedir. Gün doğumu ve batımı için araştırıldığında deprem olmadan birkaç gün öncesinde işaretlerin en düşük seviyeye indikleri ve kesim zamanlarında kaymaların gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi deprem oluşumundan önceki üç gün boyunca gündoğumu ve gün batımı zamanlarının kesim zamanları kayıklık göstermektedir.



Şekil 3. Deprem öncesi gündoğumu ve gün batımı zamanlarının kesim zamanı kayıklıkları

Buradaki (t_s) ve (t_a) değerlerinin eşitlik (1) ve (2) deki denklem ile istatistiksel olarak yapılan analizlerinde, (t_i) değerinin kesim zamanı kayıklığı daha net bir biçimde gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada kesim zamanı depremden yaklaşık 2σ seviyesini aştığı görülmüştür. İncelemeler sonunda, VLF sinyallerinin üzerinde, depremden birkaç gün önce başlayan ve birkaç gün sonrasına kadar devam eden karakteristik belirtiler gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile karakteristik değişim

periyodunun yaklaşık 10 gün olduğu bilgisine ait sonuçlar elde edilmiştir. Çalışmada Inubo alıcısından kaydedilen ve Omega vericisinden gönderilen veriler göz önünde bulundurulmuştur. Faz genliklerinin üzerinden yapılan bir inceleme yerine kesim zamanları üzerinde yapılan inceleme, daha fazla güvenilir istatistiksel sonuçlar verdiği açıkça görülmüştür (Molchanov vd., 1998).

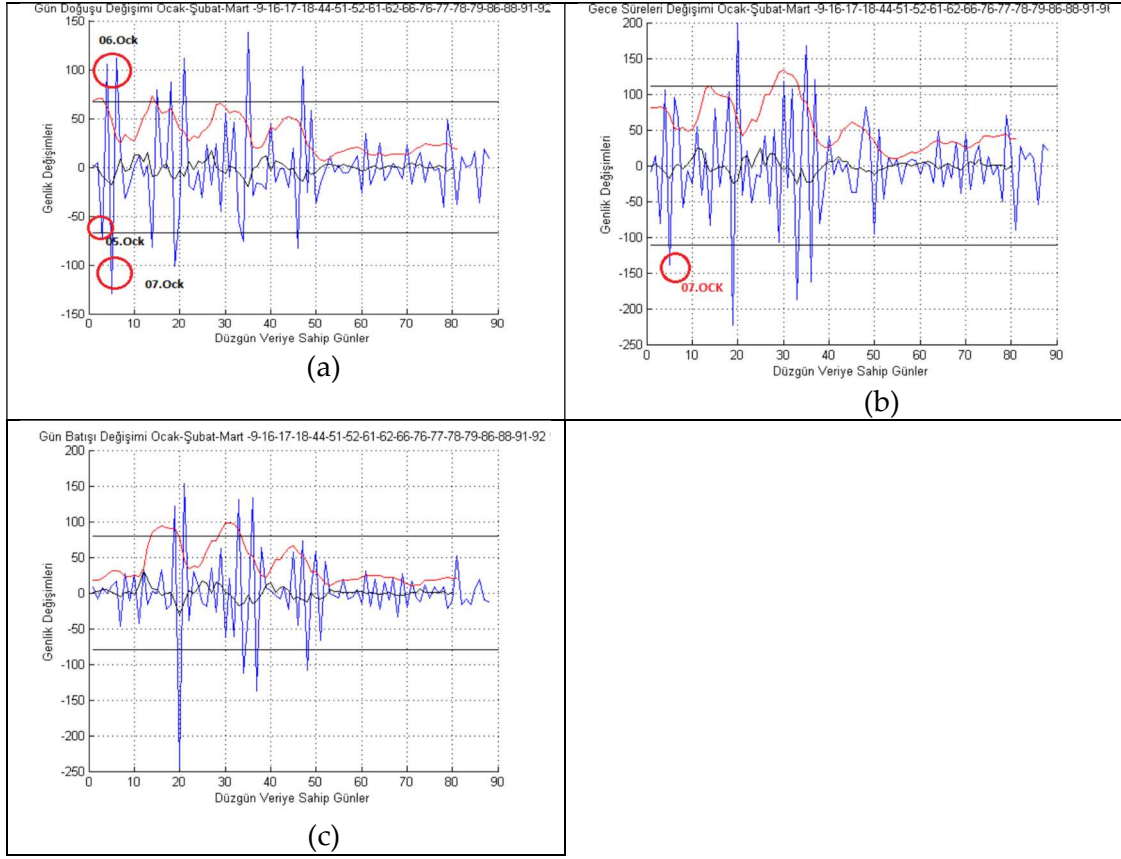
2.2. 06 Ocak 2008 Yunanistan Depremi (M=6.2)

Yunanistan Depremi, M=6.2 büyüklüğünde ve 75 km derinlikte meydana gelmiştir. VLF alıcısı ve vericisi konumlarının deprem merkez üssüne göre çizilen Fresnel Alanı içinde olduğu gösterilmiştir (Ulaş 2011). VLF alıcısı Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi çatısında kurulmuş olup, deprem merkez üssüne olan uzaklığı 1500km'dir. VLF verici istasyonu olarak İtalya'daki NSC (Palermo şehrinde) istasyonu kullanılmış olup, deprem merkez üssüne olan uzaklığı yaklaşık 700km'dir (Şekil 4).



Şekil 4. VLF Alıcısı ve VLF Vericisi istasyonları, Fresnel Alanı ve depremin merkez üssü

Çalışmada kullanılan VLF sinyallerine ait değişimler 3 ay süre boyunca yapılan ölçümlerden elde edilmiştir. 5, 6 ve 7 Ocak 2008 tarihleri arasında öncül belirtilerine ait salınımlar gün doğuşu (a), gece süresi değişimi (b) ve gün batımı (c) olarak görülmektedir (Şekil 5).

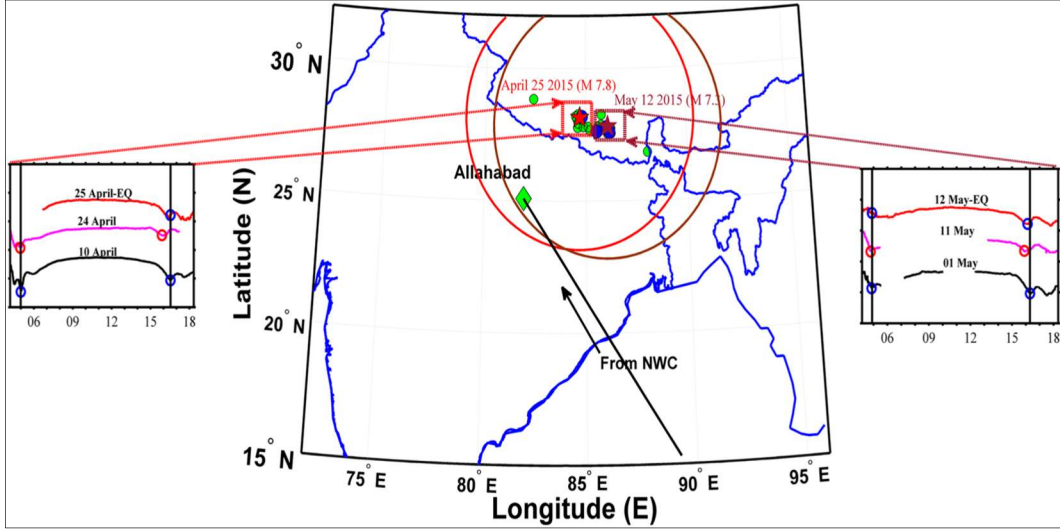


Şekil 5. 3 Aylık periyotta ölçülen zaman kayması üzerinden öncül tahmini

Şekil 5 incelendiğinde gün doğuşu (5a) üzerinde 5, 6 ve 7 Ocak 2008 tarihlerinde deprem öncülleri görülürken, gece süresi değişimi (5b) içinde sadece 7 Ocak 2008 deprem öncülü olarak kabul edilmiştir. Gün batımı (5c) üzerinde yapılan analizler sonucunda deprem öncülüne rastlanmamıştır.

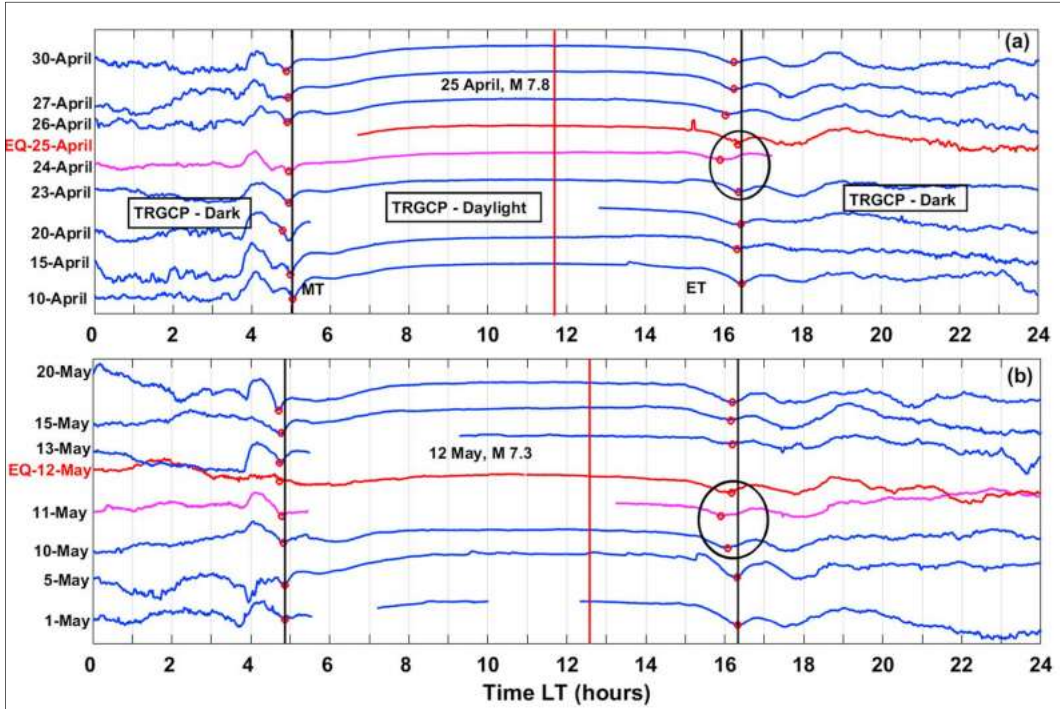
2.3. 25 Nisan 2015 (M=7.8) 12 Mayıs 2015 (M=7.3) Gorkha (Nepal) Depremleri

Nepal Depremleri Nisan ve Mayıs aylarında Himalayalar Bölgesinde gerçekleşmişlerdir (Şekil 6). 25 Nisan 2015 Gorkha Depremi kırmızı yıldız ile 12 Mayıs 2015 tarihinde gerçekleşen büyük bir artçı şoku da kahverengi yıldız ile gösterilmiştir. VLF sinyallerinin alıcı istasyonu da (Allahabad) harita üzerinde yeşil elmas ile gösterilmiştir. Yeşil daireler $M_w \geq 5.0$ ve mavi daireler de $M_w \geq 6.0$ olan depremleri göstermektedir. Seçilen üç günün günlük sonlanma süresi (TT) değişimi (10, 24 ve 25-Nisan 2015 ve 01, 11 ve 12-Mayıs 2015) Şekil 6'nın sol ve sağ panellerinde çizilmiştir (Phanikumar et al., 2018).



Şekil 6. Alıcı, Verici istasyonları ve Gorkha depremlerin merkez üssü

VLF alıcısı Allahabad (Hindistan) ile VLF verici istasyonu NWC arasındaki uzaklık yaklaşık 6250km'dir. NWC istasyonu ile Gorkha Depremi merkez üssü arasındaki uzaklık yaklaşık 6400km'dir. Allahabad istasyonu ile deprem merkez üssü arasındaki uzaklık ise yaklaşık 450km'dir. Çalışmada Allahabad istasyonundan Nisan ayında 24 saat boyunca (LT=UT+5:30) NWC istasyonundan alınan 19.8kHz frekansındaki sürekli sinyaller kaydedilmiştir (Şekil 7).

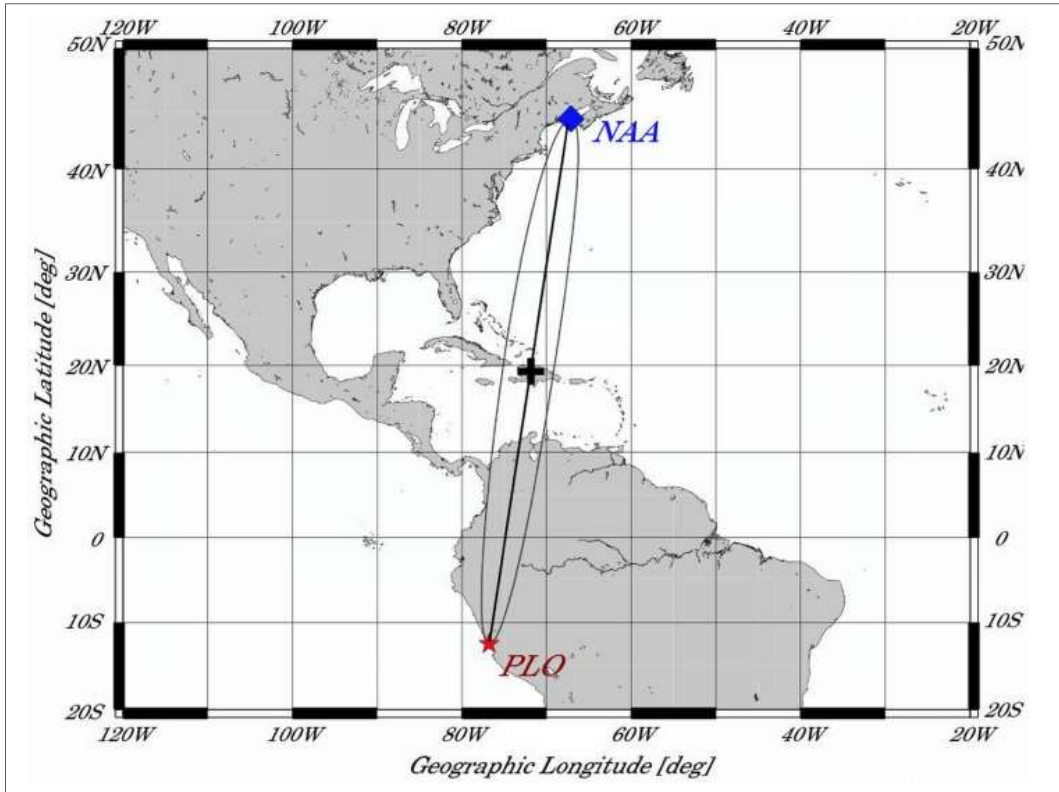


Şekil 7. Nisan-Mayıs arasında günlerin kesim zamanları

Şekil 7'de Nisan ve Mayıs ayları boyunca yapılan sürekli ölçümlere ait kayıtlar gösterilmektedir. Siyah dikey çizgiler sabah (MT) ve akşam (ET) saatlerine ait kesim zamanını gösterir (Şekil 7a). 24 Nisan 2015 akşam kesim zamanındaki (ET) anormal kayma, pembe çizgili siyah dairenin içinde gösterilmiştir. Deprem günü olan değişim ise kırmızı yatay çizgi ile işaretlenmiş olup, 12 Mayıs 2015 depremi için benzer gözlem Şekil 7b'de gösterilmektedir. Nisan-Mayıs 2015 aylarındaki gece kesim zamanının günlük varyasyonları, Şekil 7'deki kırmızı dairelerin işaret ettiği gibi akşam saatlerinde minimum VLF sinyal genliğine karşılık geldiği tahmin edilmektedir. Şekil 7'de 24 Nisan ve 11 Mayıs 2015 tarihlerindeki anormal dalgalanmalar görülmektedir. Bu dalgalanmalar depremlerden 1 gün önce değişim göstermiştir.

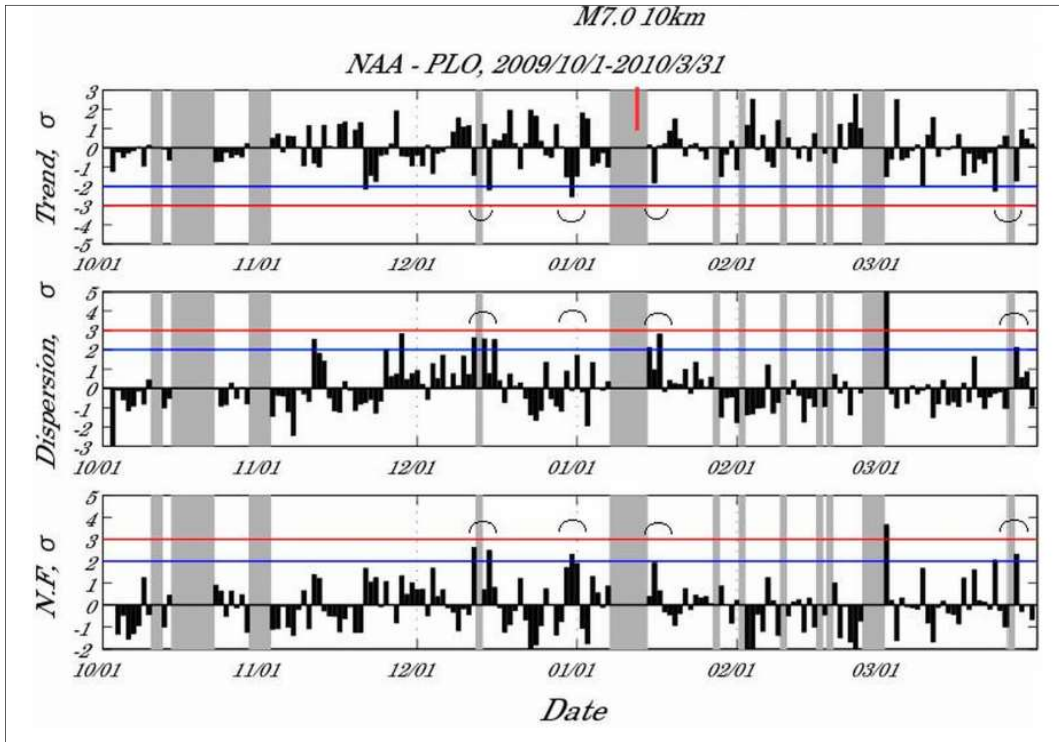
2.4. 12 Ocak 2010 Haiti Depremi ($M=7.0$)

12 Ocak 2010 tarihinde meydana gelen 2010 Haiti depremiyle ($M=7.0$ ve $\text{dept} \leq 10\text{km}$) olası bir ilişki içinde olan iyonosferik bozulmalar ABD'nin doğu kıyısındaki NAA VLF verici istasyonundan, Peru'daki PLO VLF alıcı istasyonuna alt-iyonosfer yayılımı verileri yardımıyla incelenmiştir (Hayakawa vd., 2011). PLO VLF alıcısı ile deprem merkez üssü arasındaki uzaklık yaklaşık 3250km'dir. NAA VLF verici istasyonu ile deprem merkez üssü arasındaki uzaklık yaklaşık 2900km'dir. PLO VLF alıcısı ile NAA VLF verici istasyonu arasındaki uzaklık ise yaklaşık 6430km'dir (Şekil 8).



Şekil 8. Alıcı istasyonu (PLO), Verici istasyonu (NAA), Fresnel Alanı ve depremin merkez üssü (+)

Ekim 2009'un başından Mart 2010'un sonuna kadar olan süre boyunca kapsamlı bir şekilde incelenen veriler için yerel gece saatlerindeki VLF genlik verileriyle trendi (ortalama gece genlik değerleri), dağılımı ve gece dalgalanmasına ait değişimler analiz edilmiştir (Şekil 9). Depremden yaklaşık 12 gün önce, trenddeki eşzamanlı düşüş ve dağılma ile gece dalgalanmalarındaki artış karakterize edilerek net bir öncü iyonosferik bozulmanın tespiti gerçekleştirilmiştir (Hayakawa vd., 2011).

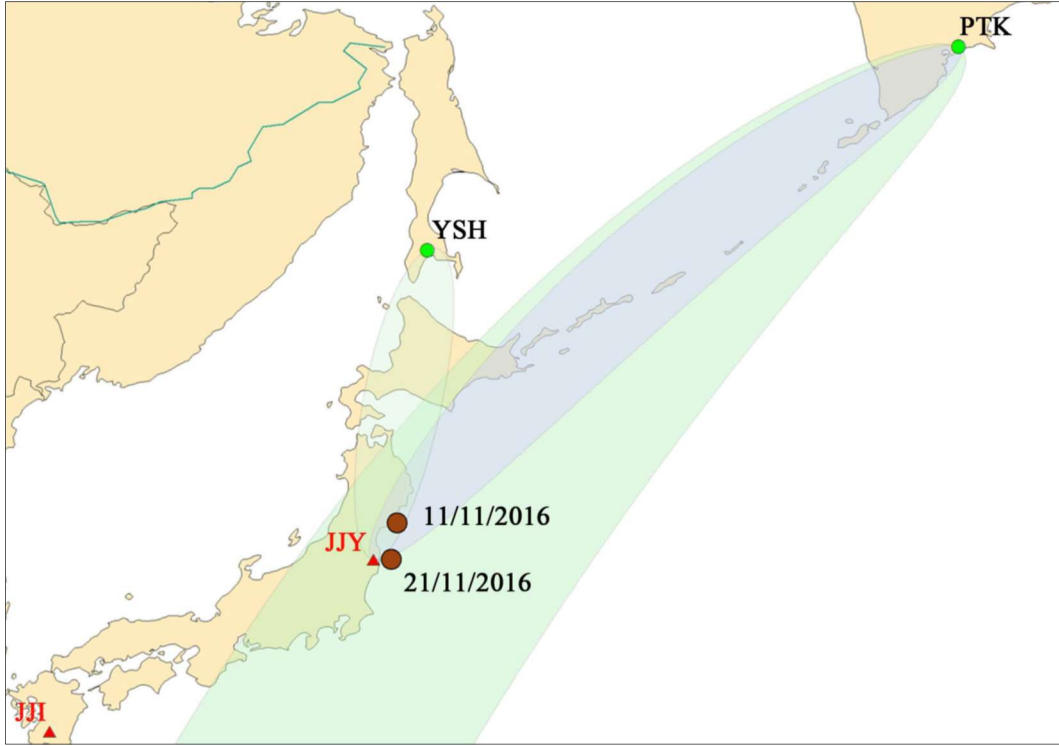


Şekil 9. Trend, Dağılım ve Gece-Dalgalanma Analizi

Şekil 9 incelendiğinde, VLF yayılma özelliklerinin üç fiziksel parametresinin zamansal evrimi, trendi (ortalama gece genliği), dağılım (dispersion) ve gece dalgalanması (NF) görülmektedir. Bu parametrelerin tümü, geçerli günden önceki standart sapma (σ) ile normalize edilmiştir (1-30 gün arasında). Gri parçalar sistemdeki bakım veya arıza nedeniyle gerçekleşen gözlem eksikliğine ait dönemlerini göstermektedir. Verilere Ekim 2009'un başından Nisan 2010'un başlarına (yedi ay boyunca) kadar bir ön analiz yapılmıştır. Her fiziksel parametrenin zamansal varyasyonlarına ayrı ayrı bakmak yerine, bunlara global olarak bakmak daha uygundur ve deprem oluşum günü yaklaşık olarak süremizin ortasında yer almaktadır (düşey kırmızı çizgi). Özellikle bakılması gereken trendin azaldığı dönemlerdir (yukarı ve aşağı yönlü gri yaylar) ve dağılım ile gece dalgalanması neredeyse aynı anda artış göstermektedir (Hayakawa vd., 2011).

2.5. 11 Kasım 2016 (M=6.1) ve 21 Kasım 2016 (M=6.9) Japonya Depremleri

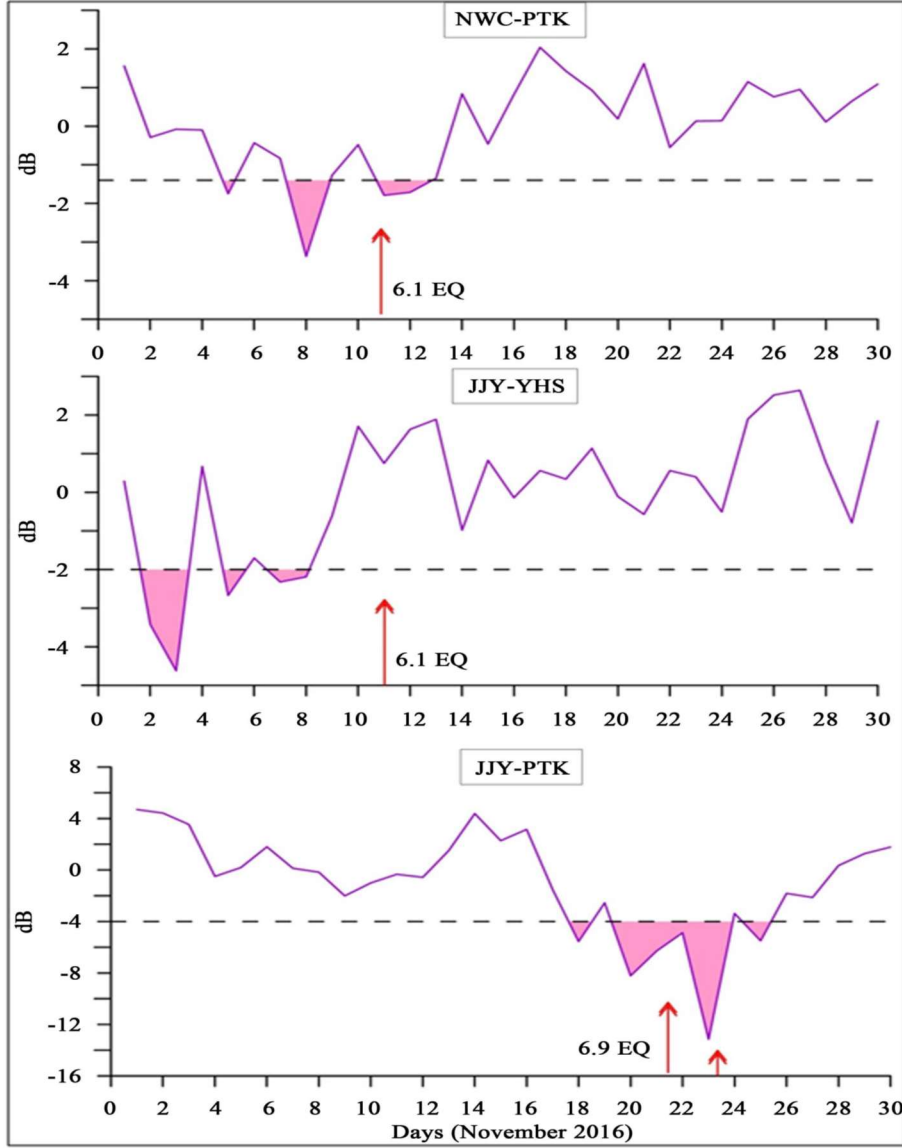
Bu çalışmada, Kasım 2016'da Japonya'nın Pasifik Okyanusu açıklarında meydana gelen 2 depremin VLF anomalilerine ait incelemesi gerçekleştirilmiştir. 11 Kasım 2016'da (M=6.1, dept=42km) gerçekleşen depremin merkez üssü sahil şeridinde yakın bir bölgededir. Rusya'daki Petropavlovsk-Kamchatsky (PTK) ve Yuzhno-Sakhalinsk (YSH) VLF alıcı istasyonlarında ve Japonya'daki JJY ve JJI verici gözlem istasyonunda çok düşük frekans / düşük frekans (VLF / LF) sinyallerinin ölçümü, olası düşük güçteki iyonosferik bozulmaların analizi için kullanılmıştır. İkinci deprem 21 Kasım 2016 (M=6.9, dept 11km) tarihinde denizde meydana gelmiştir ve sonrasında magnitüdü 5.6'ya kadar olan artçı şoklar gerçekleşmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Alıcı istasyonları (Yeşil Daire), Verici istasyonu (Kırmızı Üçgen), Fresnel Alanı ve depremlerin merkez üsleri (Kahverengi Daire)

YSH alıcısı ile JJY verici istasyonu arasındaki uzaklık yaklaşık 1000km'dir. PTK alıcısı ile JJY verici istasyonu arasındaki mesafe yaklaşık 2200km'dir. Deprem merkez üssü ile alıcı istasyonlar arasındaki mesafe yaklaşık olarak JJY istasyonu ile aralarındaki uzaklıklar kadardır. NWC vericisi ile PTK alıcısı arasındaki uzaklık ise yaklaşık 9400km'dir. Alıcıların (PTK ve YSH) ve verici istasyonunun JJY'nin (40 kHz) konumu Şekil 10'da gösterilmiştir. Avustralya'daki NWC vericisi (19.8 kHz) sınırların ötesinde olduğundan dolayı çizdirilememiştir. Dolu elipsler analiz edilen sinyal yolların bölgelerini göstermektedir. Şekil 10'da görüldüğü gibi, Rusya'nın VLF istasyonları

Japonya'nın Pasifik Okyanusu tarafındaki deprem merkez üssünden uzaktadırlar. Bununla birlikte, üç yayılım yolu (NWC-PTK, JJY-YSH, JJY-PTK) ve bu yollara ait analiz sonuçlarını görebiliriz (Şekil 11).



Şekil 11. NWC-PTK, JJY-YHS ve JJY-PTK istasyonları arasındaki yayılımlara ait analizler

Şekil 11'de üç alt-iyonofere ait yayılma yolu (üst panel: NWC-PTK, orta panel: JJY-YHS ve alt panel, JJY-PTK) için analiz sonuçlarını görülmektedir. Her panelde, yatay noktalı çizgiler konvansiyonel 2σ eşliğini gösterir ve pembe doldurulmuş alanlar VLF sinyallerindeki yayılma anormalliklerini belirtmektedir. Yatay eksen 1 Kasım 2016'dan başlayarak günleri göstermektedir. İlk panel, 5 ve 8 Kasım 2016'da $M=6.1$ depreminden

üç gün önceki anomalileri göstermektedir. JY-YHS'nin yayılması için 2-3 Kasım ve 5-8 Kasım 2016 tarihlerinde gerçekleşen ikinci panelde daha belirgin anomaliler tespit edilmiştir. Ancak, JY-PTK yayılma yolu için herhangi bir anormallik gözlemlenmemiştir. Daha büyük olan $M=6.9$ depremi için NWC-PTK ve JY-YHS'nin yayılma yollarında herhangi bir anormallik olmadığı (gece genliğinde bir azalma olduğu) anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, depremden birkaç gün önce net bir öncü anomali (pembe renkte gölgeli) ve 23 Kasım'da da başka bir anomali gözlemlenmiştir. 23 Kasım 2016'daki anomalinin ana şokun bir etkisi olarak değil, 23 Kasım 2016'daki artçı şokun öncüsü olup olmadığı tam olarak anlaşılamamıştır.

3. SONUÇLAR

Yıkıcı etkileri büyük, doğal afetlerden biri olan depremin maddi ve manevi kayıplarını en aza indirebilmek için yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Depremin meydana gelme zamanının kesin olarak belirlenebilmesi günümüz teknolojisinde mümkün olmadığı için değerlendirme yöntemi olarak lokal iyonosfer değişkenliği yöntemini önermiştir. Bu çalışmada, 17 Ocak 1995 Kobe ($M=7.2$), 6 Ocak 2008 ($M=6.2$) Yunanistan, 25 Nisan 2015 ($M=7.8$) Gorkha depremi ve bu depremin 12 Mayıs 2015 ($M=7.3$) tarihinde gerçekleşen artçı depremi, 12 Ocak 2010 ($M=7.0$) Haiti ile 11 ve 21 Kasım 2016'da Japonya'nın açık denizlerinde meydana gelen sırasıyla $M=6.1$ ve $M=6.9$ büyüklüklerindeki iki depremin olduğu bölgelerdeki VLF verici istasyonlarından elde edilen verilerle, deprem öncesi VLF işaretçilerin oluşturduğu anomaliler araştırılmıştır. Deprem öncesinde meydana gelen VLF işaretçilerinin değişimleri karakteristik olarak anlamlandırılarak, depremin meydana gelme zamanının tahminini yapma çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Günümüzde depremlerin meydana gelmesinden önce ortaya çıkan VLF işaretçilerinin iyonosferdeki değişimlerine bağlı olarak depremlerin önceden kestirilmesi üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Araştırmaların çoğu deprem olduktan sonra, depremin meydana geldiği bölgede bulunan VLF verici istasyonlarından elde edilen verilerin anlamlandırılması ve değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Deprem tahmini çalışmalarında küçük bir hataya bile tahammül edilemeyeceği gerçeği, bu konunun ne kadar hassas ve önemli olduğunu göstermektedir. Muhtemel hatayı azaltmak için bilinen yöntemlerin tamamının ortak oluşturacağı bir cevap üzerinden tahmin yürütülmelidir. Birden fazla yöntem üzerinden tahmin üretebilmeyi sağlayan birleştirilmiş karar mekanizması yapılacak olan diğer çalışmalara önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Biagi, P. F., Castellana, L., Maggipinto, T., Maggipinto, G., Minafra, A., Ermini, A., ... Hayakawa, M. (2009). Anomalies in VLF radio signals related to the seismicity during November-December 2004: A comparison of ground and satellite results. *Physics and Chemistry of the Earth*, 34(6-7), 456-463.

<https://doi.org/10.1016/j.pce.2008.03.008>

- Catherine, J. K., Uma Maheshwari, D., Gahalaut, V. K., Roy, P. N. S., Khan, P. K., & Puviarasan, N. (2017). Ionospheric disturbances triggered by the 25 April, 2015 M7.8 Gorkha earthquake, Nepal: Constraints from GPS TEC measurements. *Journal of Asian Earth Sciences*, 133, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2016.07.014>
- Dobrovolsky, I. P., Zubkov, S. I., & Miachkin, V. I. (1979). ESTIMATION OF THE SIZE OF EARTHQUAKE PREPARATION ZONES. *Pure and Applied Geophysics*, 117(5), 1025–1044. <https://doi.org/10.1007/bf00876083>
- Hayakawa, M., Raulin, J. P., Kasahara, Y., Bertoni, F. C. P., Hobara, Y., & Guevara-Day, W. (2011). Ionospheric perturbations in possible association with the 2010 Haiti earthquake, as based on medium-distance subionospheric VLF propagation data. *Natural Hazards and Earth System Science*. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-513-2011>
- Hayakawa, M., Kasahara, Y., Nakamura, T., Muto, F., Horie, T., Maekawa, S., ... Molchanov, O. A. (2011). A statistical study on the correlation between lower ionospheric perturbations as seen by subionospheric VLF/LF propagation and earthquakes. *2011 30th URSI General Assembly and Scientific Symposium, URSIGASS 2011*, 115, 1–9. <https://doi.org/10.1109/URSIGASS.2011.6050946>
- Hayakawa, M., Hobara, Y., Yasuda, Y., Yamaguchi, H., Ohta, K., Izutsu, J., & Nakamura, T. (2012). Possible precursor to the March 11, 2011, Japan earthquake: Ionospheric perturbations as seen by subionospheric very low frequency/ low frequency propagation. *Annals of Geophysics*, 55(1), 95–99. <https://doi.org/10.4401/ag-5357>
- Horie, T., Maekawa, S., Yamauchi, T., & Hayakawa, M. (2007). A possible effect of ionospheric perturbations associated with the Sumatra earthquake, as revealed from subionospheric very-low-frequency (VLF) propagation (NWC-Japan). *International Journal of Remote Sensing*, 28(13–14), 3133–3139. <https://doi.org/10.1080/01431160601094476>
- Molchanov, O. A., & Hayakawa, M. (1998). Subionospheric VLF signal perturbations possibly. *Journal of Geophysical Research*, 103, 17489–17504.
- Molchanov, O. A., Hayakawa, M., Oudoh, T., & Kawai, E. (1998). Precursory effects in the subionospheric VLF signals for the Kobe earthquake. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. [https://doi.org/10.1016/S0031-9201\(97\)00095-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9201(97)00095-2)
- Muto, F., Kasahara, Y., Hobara, Y., Hayakawa, M., Rozhnoi, A., Solovieva, M., & Molchanov, O. A. (2009). Further study on the role of atmospheric gravity waves on the seismo-ionospheric perturbations as detected by subionospheric VLF/LF propagation. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(4), 1111–1118. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1111-2009>
- Phanikumar, D. V., Maurya, A. K., Kumar, K. N., Venkatesham, K., Singh, R., Sharma, S., & Naja, M. (2018). Anomalous variations of VLF sub-ionospheric signal and

Ulukavak, M. & Demiryeye, İ. (2019). Investigation of $M \geq 6.0$ + Earthquake Precursors with Very Low Frequency (VLF) Radio Receivers. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 2 (1): 23-39.

Mesospheric Ozone prior to 2015 Gorkha Nepal Earthquake. *Scientific Reports*.
<https://doi.org/10.1038/s41598-018-27659-9>

Ulas, M. (2011). *Vlf sinyalleri kullanılarak depremlerin önceden tahmin edilmesine yönelik algoritma geliştirilmesi*. Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Ulukavak, M., & Yalcinkaya, M. (2017). Precursor analysis of ionospheric GPS-TEC variations before the 2010 M7.2 Baja California earthquake. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 295–308. <https://doi.org/10.1080/19475705.2016.1208684>

URL-1: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Personel/comoglu/depremnedir/index/>
Deprem Tanımı ve İstatistikleri. 14 Mayıs 2019.

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2, Issue: 1, p. 40-47, 2019

ANATOMİ EĞİTİMİ İÇİN TEMPOROMANDİBULAR EKLEMİN SANAL ANATOMİSİ

THE VIRTUAL ANATOMY OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT FOR ANATOMY EDUCATION

Alper Vatansever¹

Deniz Demiryürek²

(Received 19.07.2019 Published 05.08.2019)

Özet

Temporomandibular eklem, baş bölgesinde tek oynar eklemdir. Bu eklem, özellikle çiğneme hareketleri sırasında oldukça kuvvetli basınca maruz kalır. Bu eklemeye yönelik rahatsızlıklar oldukça sık görülür ve şiddetli ağrı ile seyrederek. Bu çalışmanın temel amacı, hologramik görüntülerin anatomi eğitimi ve klinik uygulamalar için güvenilirliğini ortaya koymaktır. Çalışmamızın bir diğer amacı ise, anatomi eğitimi sırasında hologramik görüntülerin kullanılmasının tıp öğrencileri üzerine olan etkisini araştırmaktır. Çalışmamızda, bu eklem 3 boyutlu detaylı anatomik yapısını ortaya koymak için, 140 bireye ait (72 kadın, 68 erkek) bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanıldı. Bu bilgisayarlı tomografi görüntüleri, Osirix-Lite programı kullanılarak, hologramik görüntüler için uygun formatta yeniden yapılandırıldı. Dışarı aktarılan bu görüntüler, önce Blender yazılımına aktararak uygun vertex düzeltmeleri yapıldı ve daha sonra son düzeltmelerin tamamlanması için Meshmixer yazılımına aktarıldı. Görüntülerin yeniden modellenmesi işlemi tamamlandıktan sonra, Osirix-Lite yazılımı ile tomografi görüntülerinden ve Meshlab yazılımı ile de hologramik görüntülerden morfometrik ölçümler tamamlandı. Elde edilen verilerin karşılaştırılması için SPSS v23 yazılımı kullanıldı. Ayrıca, anatomi eğitiminde hologramik görüntülerin kullanılması hakkında tıp öğrencilerinin görüşleri alındı. Sağlık bilimleri alanında, yeniden modellenmiş hologramik görüntülerin kullanılması, öğrencilerin tıp eğitimi sırasında ve meslek hayatları ve hastaların hayat operasyon sonrası yaşantıları için oldukça etkili ve güvenilir bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: Anatomi, sanal gerçeklik, temporomandibular eklem, tıp eğitimi

¹ Balıkesir Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Balıkesir, alpervatansever@yahoo.com

² Hacettepe Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, Ankara

Abstract

Temporomandibular joint is the only synovial joint in head region. The joint is exposed to very strong pressure, especially during the chewing movements. Disorders of the joint are quite common and occurred with severe pain. The main aim of this study was to authorize the reliability of the hologram images for the anatomy and clinic applications. The second purpose of presented study was to evaluate effects of using hologramic images on medical students during anatomy education. We evaluated 140 healthy individuals' (72 women, 68 men) computed tomography images to describe detailed three-dimensional anatomical organization of this joint. These image series were exported in corresponding format to be reconstructed as hologram using Osiris-Lite software. These exported images imported into the Blender software for vertex correction and then imported into the Meshmixer software for final corrections. The morphometric parameters of the joint were evaluated using Meshlab software for hologramic images. The paired t-test on the SPSS 23 program was used to compare the data. Feedbacks for using hologramic images during anatomy education were obtained from the medical students. Using reconstructed hologram images in the medical sciences is very effective and reliable for students, physicians and patients in their educational, professional and post-operative lives.

Keywords: anatomy, virtual reality, hologram, temporomandibular joint, medical education

1. GİRİŞ

Tıp eğitiminde oldukça önemli bir yere sahip olan anatomi biliminin tarihi yüzyıllarca eskiye dayanmaktadır. Bu süreç içerisinde, anatominin olmazsa olmazı olan kadavra eğitiminin yanı sıra, sürekli olarak gelişime açık bir vizyonda olan anatomi eğitiminde kullanılan yöntemler günümüze kadar önemli oranda gelişme göstermiştir. Teknolojinin gelişmesi, hayatın her alanında olduğu gibi tıp eğitiminde de göz ardı edilemeyecek bir etki göstermiştir (Andrews et al. 2019).

Gelişen teknoloji, sadece endüstriyel alanda etkin bir biçimde kullanım ile kısıtlı kalmamış, özellikle tıp alanında da oldukça geniş bir yer bulmuştur. Özellikle cerrahi alanda sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanılması için yapılan çalışmalar oldukça eskiye dayanmaktadır (Satava 1993, 1994, 1995). Bununla birlikte, sadece cerrahi uygulamalar için değil, aynı zamanda da tıp eğitimi için kullanılmasına yönelik çalışmalar da sanal gerçeklik teknolojisinin tıp bilimleri alanına oldukça etkin bir biçimde dahil olduğunu gösterir (Hoffman and Vu 1997; Olofsson et al. 1998; Taffinder et al. 1998; Trelease 1996).

Anatomi eğitimi sırasında, tıp fakültesi öğrencilerinin en sık olarak karşılaştıkları zorluk anatomik yapıların üç boyutlu olarak algılanmasıdır. Bugüne kadar uygulanan ve anatomi eğitiminin olmazsa olmazı olan kadvraların kullanılması, anatomik maket ve anatomi atlaslarının yanı sıra, gelişen teknolojinin tıp eğitimine olan destekleyici katkısı yadsınamaz. Bu noktadan yola çıkılarak, çalışmamızın amacı bilgisayarlı tomografi görüntüleme yöntemleri kullanılarak elde edilen hologramik görüntülerin anatomi eğitimi için güvenilirliğinin ve sanal gerçeklik uygulamalarının tıp öğrencileri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

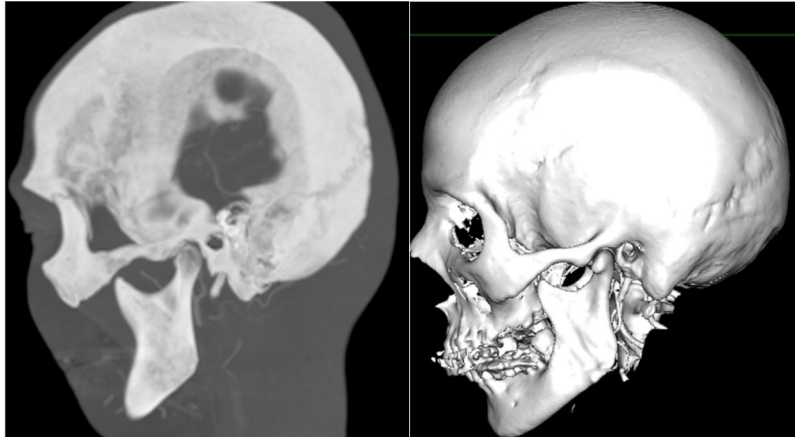
2. MATERYAL

Çalışmamızda, bu eklem 3 boyutlu detaylı anatomik yapısını ortaya koymak için, 140 bireye ait (72 kadın, 68 erkek) bilgisayarlı tomografi görüntüleri kullanıldı. Katılımcılara ait bilgisayarlı tomografi görüntüleri Hacettepe Üniversitesi Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı'na ait görüntü arşivleme sisteminden retrospektif olarak toplanmıştır. Çalışmaya dahil edilen katılımcıların baş bölgelerinde herhangi bir travma veya cerrahi öyküsü ve kemik dokuyu etkileyen herhangi bir metabolik rahatsızlığı bulunmamaktaydı. Baş bölgesine yönelik cerrahi, travma veya çene eklem ının anatomik yapısını bozacak bir rahatsızlık geçmişi olan katılımcılar çalışma dışında bırakılmışlardır.

Tomografi görüntülerinin yeniden modellenip hologramik hale getirilebilmesi için birkaç basamaktan oluşan, görüntü işleme protokolleri uygulanmıştır. Öncelikle, Osirix-Lite yazılımı ile bilgisayarlı tomografi görüntüleri, yazılım içerisinde önceden tanımlanan kemik doku kontrastına ayarlandı. İlgilenilen bölge ve dokuya ait olan özellikler belirlenerek, bu aralıklar dışında kalan diğer anatomik oluşumlar yine yazılım ait araçlar ile bilgisayarlı tomografi görüntülerinden çıkartılıp bir sonraki görüntü işleme basamağı için ".stl" formatında dışa aktarıldı. Osirix-Lite tarafından belirlenen

bölgenin, hologramik olarak yeniden yapılandırılması için, ikinci basamakta, önceden “.stl” formatında dışa aktarılan bu 3 boyutlu görüntünün verteks düzeltmelerinin yapılması için Blender isimli yazılım kullanıldı. Uygun formatta dışa aktarılan görüntüler üzerinde, birbirlerine bağlı olan verteksler seçilerek tümü üçgen yüzey olacak şekilde ayarlandı. Ardından 3 boyutlu yazıcı için uygun hale getirebilmek ve yüzeydeki pürüzleri gidermek için Blender yazılımının düzleştirme aracı kullanıldı. Blender yazılımında, 3 boyutlu görüntüde bulunan, dijital hataların düzeltilmesi ve görüntünün hologram olarak yansıtılması için en ideal formata ayarlanması gerçekleştirildi ve elde edilen son ürün yine “.stl” formatında dışa aktarıldı. Görüntü işleme protokolü sırasındaki son basamakta ise, Blender yazılımından gelen düzenlenmiş 3 boyutlu görüntüde bulunacak olan hassas piksel hatalarının düzeltilmesi ile elimizdeki 3 boyutlu görüntü hologramik yansıtma için hazır hale getirildi. Son hata düzeltmeleri yapılan hologram görüntüleri “.obj” formatında dışa aktarılarak, bu görüntülerden ölçümlerin tamamlanabilmesi için Meshlab yazılımına yüklendi.

Osirix-Lite yazılımı ile bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinde, eklem boşluklarına yönelik morfometrik ölçümler tamamlanmıştır. Hologramik görüntüler üzerinde ise yapılan morfometrik ölçümler ise Meshlab yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Elde edilen ölçümler arasında istatistiksel olarak farkların incelenmesi için SPSS v23 yazılımı kullanılmıştır. Son olarak elde edilen hologramik görüntüler Microsoft Hololens platformuna aktarılarak, tıp fakültesi öğrencilerinin temporomandibular eklem için üç boyutlu olarak öğrenilmesi üzerine görüşleri alınmıştır.



Şekil 1. Ölçümlerin yapıldığı, bilgisayarlı tomografi (solda) ve hologram görüntü (sağda) örnekleri

3. BULGULAR

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular incelendiğinde, bilgisayarlı tomografi ve hologramik görüntüler üzerinde tamamlanan ölçümlerin istatistiksel olarak farklı olmadığı ortaya konmuştur ($p>0,05$).

Tıp fakültesi öğrencilerinin, sanal gerçeklik teknolojisinin anatomi eğitiminde kullanılması üzerine geri bildirimleri incelendiğinde, klasik anatomi eğitiminin yanında, sanal gerçeklik teknolojisinin kullanılmasının anatomi eğitiminde karşılaşılan zorlukların aza indirilmesi bakımından oldukça etkili olduğu görülmektedir. Tıp fakültesi öğrencileri, klasik anatomi atlaslarında belirtilen 2 boyutlu çizimlerden öğrendikleri anatomik oluşumları gelişen teknoloji ile birlikte 3 boyutlu olarak inceleme şansı bulmuşlardır. Aynı zamanda, üç boyutlu modelleri kullanarak ders çalışan tıp fakültesi öğrencileri konunun anlaşılması için ayrılan zamanın da kısaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, teknolojik gelişimlere oldukça yatkın olan tıp fakültesi öğrencileri, sanal gerçeklik uygulamalarının kullanılmasının, anatomi derslerini daha eğlenceli ve ilgi çekici hale getirdiğini belirtmişlerdir. Son olarak, tıp fakültesi öğrencileri, tüm vücut bölgelerine ve sistemlerine ait 3 boyutlu hologram görüntülerinin kullanılmasının anatomi derslerinin daha etkin bir biçimde öğrenilebilmesi için yararlı olabileceği görüşünde bulunmuşlardır.

4. SONUÇ

Çalışmamız sanal gerçeklik uygulamalarının etkisini ve güvenilirliğini ortaya koymak amacıyla, sağlıklı bireylerin bilgisayarlı tomografi görüntü serilerinden elde edilen hologramik görüntüler kullanılarak tamamlanmıştır.

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz bulgular incelendiğinde, günümüzde her alanda olduğu gibi, tıp bilimleri alanında da teknolojinin geleneksel yöntemlere ek olarak yadsınamaz bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Son dönemde yapılan çalışmalar incelendiğinde, sanal gerçeklik uygulamalarının sadece temel tıp bilimlerinden olan anatomi eğitiminde etkili olmadığı, aynı zamanda klinik bilimlerde sürdürülen tıp eğitiminde de oldukça klasik tıp eğitimi yöntemlerine kıyasla büyük avantajlarının olduğu ortaya konmaktadır (Ammanuel et al. 2019; de Faria et al. 2016; Dharmawardana et al. 2015; Huang et al. 2015; Izard, Mendez, and Palomera 2017; McMenamin et al. 2018; Ramlogan et al. 2017; Rooney et al. 2018).

Tıp Fakültesi öğrencilerinin anatomi eğitimleri sırasında karşılaştıkları zorluklar ve bu zorlukların aşabilmeleri için yapılan çalışmalar bulunmaktadır (Latorre et al. 2016; Thompson and Marshall 2019). Yapılan bu çalışmaların ortak amacı, tıp fakültesi öğrencilerinin anatomi eğitimi sırasında karşılaştıkları zorlukları azaltarak daha etkili bir anatomi eğitim programının belirlenebilmesidir. Daha önceki çalışmalarını destekleyecek nitelikte olan çalışmamız incelendiğinde, tıp fakültesi öğrencileri klasik anatomi eğitiminin yanında teknolojiyi takip eden yeniliklerin uygulanmasının da daha kaliteli bir tıp eğitimi için gerekli olduğunu belirtmektedirler.

Sanal gerçeklik uygulamaları cerrahi branşlarda eğitim ve profesyonel amaçla kullanılmaktadır. Tıp doktorlarının uzmanlık eğitimlerinde ve yeni cerrahi metotların

uygulanmasında sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımının etkileri açıkça ortaya konmuştur (Bodani et al. 2019; Frederiksen et al. 2019; Oliveira and Figueiredo 2019).

Gelişen teknolojinin yaşamın her alanında olan olumlu etkilerinin yanında tıp bilimleri üzerine olan etkisi sadece tıp eğitimi ile sınırlı kalmamaktadır. Yeni uygulamaların kullanılması öncelikle daha donanımlı tıp doktorlarının yetişmesine oldukça büyük bir katkıda bulunabilir. Bununla birlikte, daha donanımlı olarak profesyonel hayatlarına başlayacak olan tıp doktorları, tanı ve tedavi basamakları sırasında yadsınamayacak avantajlara sahip olacaklardır. Sanal gerçeklik uygulamalarının aktif olarak tıp eğitiminde kullanılması, sadece tıp fakültesi öğrencileri ve tıp doktorları için değil aynı zamanda da hastalar için de büyük bir önem taşımaktadır. Bu teknoloji daha etkin bir ayırıcı tanı listesi oluşturulup, planlanacak cerrahi protokollerinin operasyon öncesinde bilgisayar ortamında bir simülasyon üzerinde uygulanmasına olanak sağlayabilmektedir. Böylece, cerrahi operasyonlar sırasında, cerrahlar izleyecekleri yöntemleri önceden tatbik edebilecek ve operasyonlar sırasında meydana gelebilecek istenmeyen yaralanmaların önüne geçilerek hastaların operasyon sonrası yaşam kalitelerinin artırılması mümkün olabilecektir.

Dipnot

Bu çalışma, 4-5 Nisan 2019 tarihleri arasında Şanlıurfa'da gerçekleştirilen "The 1st International Conference on Virtual Reality" isimli bilimsel toplantıda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Ammanuel, S., I. Brown, J. Uribe, and B. Rehani. 2019. 'Creating 3D models from Radiologic Images for Virtual Reality Medical Education Modules', *Journal of Medical Systems*, 43: 166.
- Andrews, C., M. K. Southworth, J. N. A. Silva, and J. R. Silva. 2019. 'Extended Reality in Medical Practice', *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 21: 18.
- Bodani, V. P., G. E. Breimer, F. A. Haji, T. Looi, and J. M. Drake. 2019. 'Development and evaluation of a patient-specific surgical simulator for endoscopic colloid cyst resection', *Journal of Neurosurgery*: 1-9.
- de Faria, J. W. V., M. J. Teixeira, L. D. Sousa, J. P. Otoch, and E. G. Figueiredo. 2016. 'Virtual and stereoscopic anatomy: when virtual reality meets medical education', *Journal of Neurosurgery*, 125: 1105-11.

- Dharmawardana, N., G. Ruthenbeck, C. Woods, B. Elmiyeh, L. Diment, E. H. Ooi, K. Reynolds, and A. S. Carney. 2015. 'Validation of virtual-reality-based simulations for endoscopic sinus surgery', *Clinical Otolaryngology*, 40: 569-79.
- Frederiksen, J. G., S. M. D. Sorensen, L. Konge, M. B. S. Svendsen, M. Nobel-Jorgensen, F. Bjerrum, and S. A. W. Andersen. 2019. 'Cognitive load and performance in immersive virtual reality versus conventional virtual reality simulation training of laparoscopic surgery: a randomized trial', *Surg Endosc*.
- Hoffman, H., and D. Vu. 1997. 'Virtual reality: teaching tool of the twenty-first century?', *Acad Med*, 72: 1076-81.
- Huang, C. W., H. Cheng, Y. Bureau, S. K. Agrawal, and H. M. Ladak. 2015. 'Face and content validity of a virtual-reality simulator for myringotomy with tube placement', *Journal of Otolaryngology-Head & Neck Surgery*, 44.
- Izard, S. G., J. A. J. Mendez, and P. R. Palomera. 2017. 'Virtual Reality Educational Tool for Human Anatomy', *Journal of Medical Systems*, 41.
- Latorre, R., D. Bainbridge, A. Tavernor, and O. L. Albors. 2016. 'Plastination in Anatomy Learning: An Experience at Cambridge University', *Journal of Veterinary Medical Education*, 43: 226-34.
- McMenamin, P. G., J. McLachlan, A. Wilson, J. M. McBride, J. Pickering, D. J. R. Evans, and A. Winkelmann. 2018. 'Do we really need cadavers anymore to learn anatomy in undergraduate medicine?', *Medical Teacher*, 40: 1020-29.
- Oliveira, L. M., and E. G. Figueiredo. 2019. 'Simulation Training Methods in Neurological Surgery', *Asian J Neurosurg*, 14: 364-70.
- Olofsson, J., M. Rydmark, C. H. Berthold, J. Gothlin, T. Kling-Petersen, F. Mork-Petersen, and R. Pascher. 1998. 'Advanced 3D-visualization, including virtual reality, distributed by PCs, in brain research, clinical radiology and education', *Stud Health Technol Inform*, 50: 357-8.
- Ramlogan, R., A. U. Niazi, R. Y. Jin, J. Johnson, V. W. Chan, and A. Perlas. 2017. 'A Virtual Reality Simulation Model of Spinal Ultrasound Role in Teaching Spinal Sonoanatomy', *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 42: 217-22.
- Rooney, M. K., F. Zhu, E. F. Gillespie, J. R. Gunther, R. P. McKillip, M. Lineberry, A. Tekian, and D. W. Golden. 2018. 'Simulation as More Than a Treatment-Planning Tool: A Systematic Review of the Literature on Radiation Oncology Simulation-Based Medical Education', *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 102: 257-83.
- Satava, R. M. 1993. 'Virtual reality surgical simulator. The first steps', *Surg Endosc*, 7: 203-5.
- Satava, R. M. 1994. 'Emerging medical applications of virtual reality: a surgeon's perspective', *Artif Intell Med*, 6: 281-8.

Vatansever, A. & Demiryürek, D. (2019). The Virtual Anatomy of the Temporomandibular Joint for Anatomy Education. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 2 (1): 40-47.

Satava, R. M. 1995. 'Virtual reality, telesurgery, and the new world order of medicine', *J Image Guid Surg*, 1: 12-6.

Taffinder, N., C. Sutton, R. J. Fishwick, I. C. McManus, and A. Darzi. 1998. 'Validation of virtual reality to teach and assess psychomotor skills in laparoscopic surgery: Results from randomised controlled studies using the MIST VR laparoscopic simulator', *Medicine Meets Virtual Reality*, 50: 124-30.

Thompson, A. R., and A. M. Marshall. 2019. 'Participation in Dissection Affects Student Performance on Gross Anatomy Practical and Written Examinations: Results of a Four-Year Comparative Study', *Anat Sci Educ*.

Trelease, R. B. 1996. 'Toward virtual anatomy: a stereoscopic 3-D interactive multimedia computer program for cranial osteology', *Clin Anat*, 9: 269-72.

GSJ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Volume: 2, Issue: 1, p. 48-60, 2019

BULANIK MANTIK İLKELERİNE GÖRE LOCAL GEOİD HESABI; TEKİRDAĞ ÖRNEĞİ

LOCAL GEOID DETERMINATION ACCORDING TO FUZZY LOGIC: TEKİRDAĞ EXAMPLE

Mehmet Yılmaz¹

Nuri Erdem²

(Received 24.07.2019 Published 05.08.2019)

Özet

Ortometrik yükseklikler pek çok mühendislik, jeodezik ve CBS uygulamaları için gerekli olan yüksekliklerdir. Ortometrik yükseklik geoidden itibaren çekül doğrultusu boyunca yükseklik ölçmeleri ile belirlenir. Öte yandan elipsoidal yükseklik, büyüklüğü ve şekli tanımlanan (WGS84 gibi) bir elipsoidde elipsoid normalinden itibaren ölçülür ve GPS, GLONASS gibi uydu teknikleri ile belirlenir. Elipsoidal yükseklik ile ortometrik yükseklik arasındaki farka geoid yüksekliği denir. Uydu teknikleri ve ölçmeleri alanındaki gelişmeler sayesinde elipsoidal yükseklik ortometrik yüksekliği göre daha ucuz ve kolay bir şekilde belirlenebilmektedir. Bu yüzden, bu iki yükseklik sistemleri arasındaki dönüşüm parametresi olan geoid yüksekliğinin belirlenmesi çok önemlidir. Eğer belirli bir bölge için geoid yüksekliği presizyonlu bir şekilde belirlenebilirse, ortometrik yükseklikler elipsoidal yüksekliklerden kolayca ve presizyonlu bir şekilde elde edilebilir. Bu nedenle, bu dönüşüm ortometrik yüksekliklerin elde edilmesinde hem paradan hem de zamandan tasarruf yapılmasına imkân sağlar. Son yıllarda bulanık mantık ilkeleri pek çok jeodezik problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bulanık mantık yönteminde yaygın olarak kullanılan Sugeno yöntemine göre geoid hesabının yapılışı açıklanmıştır. Uygulama olarak da Tekirdağ il sınırları içerisinde bulunan toplam 262 nokta ile en uygun bulanık modeli bulmak için 4 farklı alt küme ile hesap yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirilmiş ve bölge için bulanık mantık yönteminin geoid hesabı için kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortometrik yükseklik, elipsoidal yükseklik, geoid yüksekliği, bulanık mantık, ANFIS.

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Osmanbey Kampüsü, Şanlıurfa, mehmetyilmaz40@gmail.com

² Dr. Öğretim Üyesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, nurierdem@osmaniye.edu.tr

Abstract

Orthometric height is the height which required for many engineering, geosciences and GIS applications. Orthometric height is obtained with leveling and is measured from geoid along with plumb line. Ellipsoidal height is measured from ellipsoid whose shape and size defined (such as WGS84) along with ellipsoidal normal. Geoid height the difference between ellipsoidal height and orthometric height. Ellipsoidal height is determined by means of satellite techniques such as GPS, GLONASS. Thanks to the improvements of satellite measurements, ellipsoidal height can be determined cheaper and easier than orthometric height. Therefore, it is very important to determine geoid height, a transformation parameters between these two height systems. If geoid height is determined for a region precisely, orthometric height can be determined from ellipsoidal height easily and precisely. Therefore, this saves money and time on orthometric height determination. Many geodetic problems can be solved by fuzzy logic recently. In this study, how geoid calculation can be done by Sugeno method, most common methos used in fuzzy logic, is explained. Using 262 points in Tekirdağ, four different fuzzy models are formed using 4 different subsets to find the best suitable models for the region. Results are evaluated and it is showed that fuzzy logic can be used in the region for geoid determination.

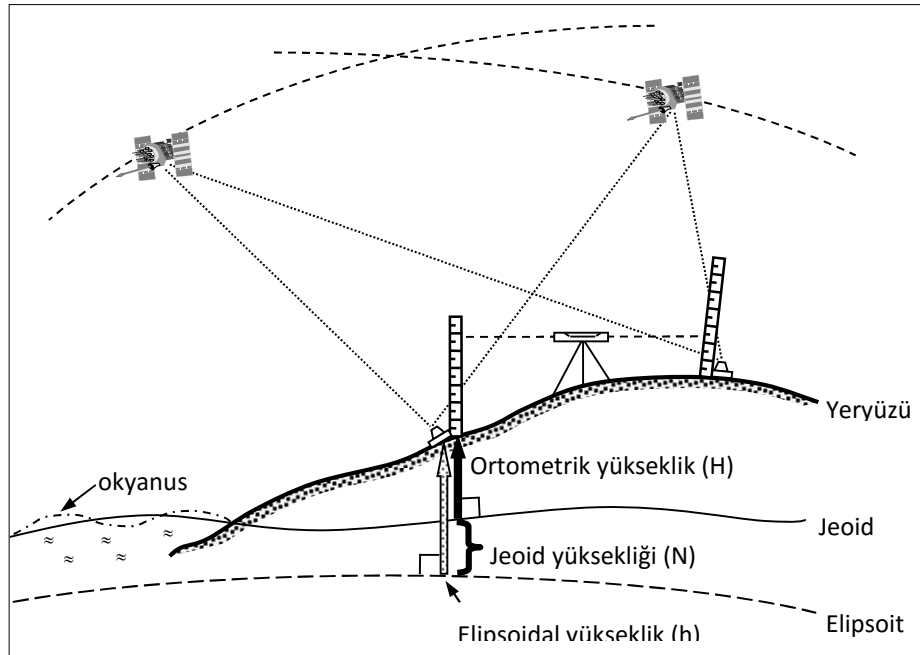
Keywords: Orthometric height, ellipsoidal height geoid height, fuzzy logic, ANFIS.

1.GİRİŞ

Uydu teknolojilerindeki gelişme ve kullanımlarının artması presizyonlu jeoid belirlemenin önemini oldukça artırmıştır. Uydu ölçmeleri jeoidden ziyade boyutları tanımlanmış bir elipsoide göre belirlenen yükseklikleri verir (Seager vd., 1999). Uydu ölçmelerinden elde edilmiş elipsoidal yükseklikleri ortometrik yüksekliklere dönüştürmek için, elipsoid ve jeoid arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir (Kotsakis & Sideris, 1999; Shen & Han, 2013; Pepe vd., 2015). Bu ilişki şekil 1 de gösterilmiştir. Elipsoid ve jeoid arasındaki ilişki aşağıdaki basit formül ile ifade edilebilir

$$H = h - N + \varepsilon \quad (1)$$

Burada h uydu ölçmelerinden elde edilen elipsoidal yükseklik, H nivelman sonucu elde edilen ortometrik yükseklikler, N jeoid yüksekliği ε ise çekül sapmasından dolayı gelen küçük miktarı göstermektedir (Torge, 1980).



Şekil 1. Elipsoid, jeoid ve jeoid yüksekliği arasındaki ilişki

Lokal jeoid belirleme ile ilgili bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu konuda son zamanlarda polinomlar ve yapay sinir ağları kullanarak (Çakır & Yılmaz, 2014), lokal gravimetrik jeoid belirleme çalışması (Eteje Sylvester vd.,2018) ve yaptığı GPS ölçmelerinden ortometrik yüksekliklerin elde edilmesi ile ilgili Papua Yeni Gine'de (Rosa vd., 2016)'nin yaptıkları çalışmaları söyleyebiliriz. Esnek hesaplama yöntemleri ile

birçok jeodezik problemlerin çözümü gelişen bilgisayar ve uydu ölçmeleri ile kolay ve bol veri elde edilmesi ile mümkün hale gelmiştir. Özellikle yapay sinir ağları ve bulanık mantık ile çeşitli jeodezik problemlerin çözümüne ilişkin pek çok çalışma yapılmıştır (Akyılmaz vd., 2003; Kavzoğlu & Saka, 2005; Yılmaz & Arslan, 2011 ve Yılmaz & Arslan, 2010). Bu çalışmada ise, GPS/nivelman yöntemine göre elde edilmiş veriler Uyarlanabilir Yapay Sinir – Bulanık Çıkarım Motoru (ANFIS) kullanılarak farklı bulanık modellerin oluşturulmasında kullanılmıştır. Bu nedenle bölge için en uygun bulanık model bulmak için 4 farklı bulanık model oluşturulmuştur. Bulanık modelin geçerliliğini test etmek için 232 nokta model noktası 30 noktada test noktası olarak seçilmiştir.

2. UYARLANABİLİR YAPAY SİNİR – BULANIK MANTIK ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFIS)

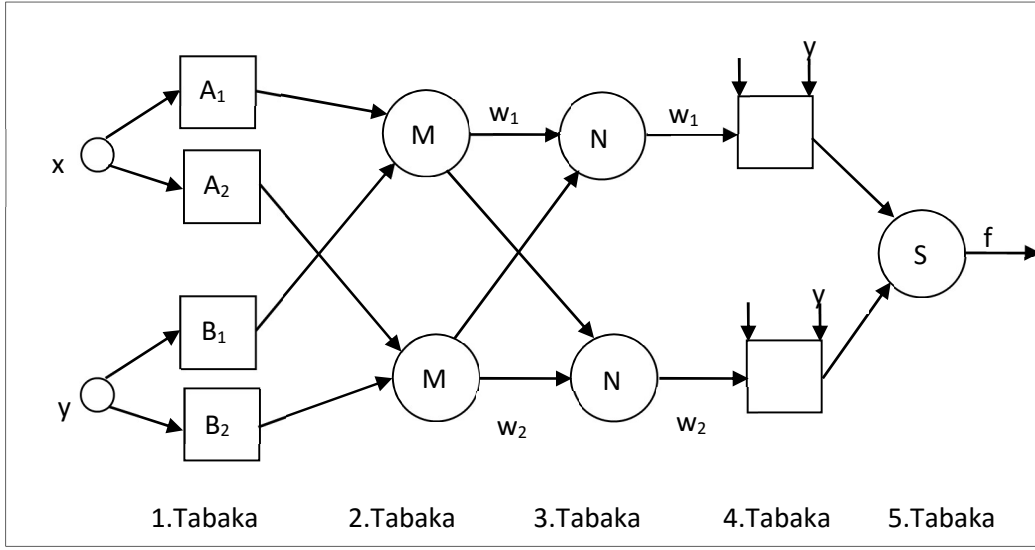
Pek çok sayıdaki uygulamaların tasarımında ve iyileştirilmesinde bulanık mantık kontrolörleri pay sahibi olmuşlardır. Farklı durumlarda belirlenmesi güç olan veri miktarı, bulanık mantıkta kullanılan yöntem (Sugeno veya Mamdani), kullanılan bulanık üyelik fonksiyonlarının çeşidi, parametreleri ve bu üyelik fonksiyonlarına ait kurallar kümesinin uyumlu bir biçimde belirlenmesi bulanık mantıkta istenilen sonuçların elde edilmesi için zor ve kritik bir görevdir. En uygun bulanık modelin belirlenmesi, çoğu uygulamalarda hala deneme ve yanılma şeklinde yapılmaktadır. Bu gerçek uyarlanabilen bulanık sistemlerin önemini vurgulamaktadır (Jhy-Shing, 1995).

ANFIS Sugeno bulanık modeller öğrenme ve uyarlamayı kolaylaştıran uyarlanabilir sistemlerin çerçevesini çizmektedir. Böyle çerçeveler bulanık mantık kontrolörlerini daha sistematik bir duruma getirir ve böylece uzman bilgisine daha az gereksinim duyulmasını sağlar. ANFIS yapısını göstermek için 2 bulanık kurallı bir Sugeno bulanık modelini ele alalım.

Kural 1: eğer $(x=A_1)$ ve $(y=B_1)$ ise $f_1=p_1x+q_1y+r_1$

Kural 2: eğer $(x=A_2)$ ve $(y=B_2)$ ise $f_2=p_2x+q_2y+r_2$

Bu iki kuralı uygulamak için olası ANFIS yapılarından birisi Şekil 2’de görülmektedir. Daire sabit bir düğüm noktasını, kare ise uyarlanabilir bir düğüm noktasını (verilerin eğitimi



Şekil 2: İki girdi ve bir çıktılı ANFIS yapısı

sırasında parametrelerin değiştiği göstermektedir. O_{Li} L tabakasındaki i düğüm noktasındaki çıktıyı göstermek üzere

1. Tabaka: bu tabakadaki bütün düğüm noktaları uyarlanabilir. i düğüm noktalarında bulanık üyelik fonksiyonu (MF) ile gösterilen girdilerin üyelik dereceleridir ve

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}(x) \quad i=1,2 \quad (2)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \quad i=3,4$$

A_i ve B_i herhangi bir bulanık küme olabilir. Örneğin eğer çan üyelik fonksiyonu kullanılırsa

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - c_i}{a_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad i=1,2 \quad (3)$$

a, b ve c üyelik fonksiyonu için parametrelerdir.

2. Tabaka: bu tabakadaki düğüm noktaları sabittir. Bu düğüm noktaları basit bir çarpan rolüne sahip oldukları için M ile isimlendirilmişlerdir. Bu düğüm noktalarının sonuçları

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x)\mu_{B_i}(y) \quad i=1,2 \quad (4)$$

Bu tabakadaki her bir düğüm noktasının çıktısı kuralın ağırlığı olarak adlandırılır.

3. Tabaka: Bu tabakadaki düğüm noktaları da sabittir. Önceki tabakadan gelen ağırlıkların normlandırılması işlemi yapıldığından N ile gösterilmiştir. Bu tabakadaki her bir düğüm noktasının çıktısı

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2} \quad i=1,2 \quad (5)$$

4.Tabaka: bu tabakadaki düğüm noktaları uyarlanabilirlerdir. Her bir düğüm noktasının çıktısı normlandırılmış ağırlık ile birinci derece polinomun basitçe çarpımıdır.

$$O_{4,i} = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad i=1,2 \quad (6)$$

Burada p, q ve r bulanık kural ile ilgili sonuç parametreleridir.

5.Tabaka: Bu tabaka da sadece bir düğüm noktası vardır ve basit bir toplama işlemi yapıldığı için S ile gösterilmiştir. Bu tek düğüm noktasının çıktısı ise

$$O_{5,i} = f = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad i=1,2 \quad (7)$$

1. tabaka girdi üyelik fonksiyonlarına ilişkin 3 uyarlanabilir parametreye (üyelik fonksiyonlarına ait a, b ve c) sahiptir. Bu parametreler öncül parametreler olarak

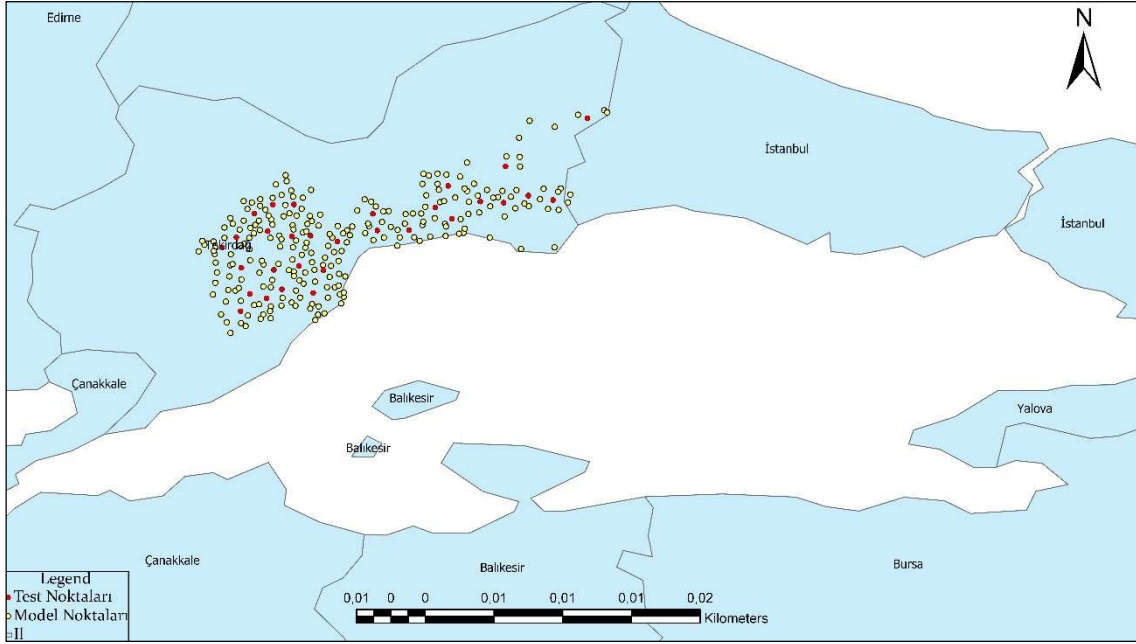
adlandırılırlar. 4. tabaka da 1. derece polinoma ilişkin 3 uyarlanabilir parametreye (p , q ve r) sahiptir ve bu parametrelere de soncul parametreler denir.

3. KULLANILAN VERİLER

Bu çalışmada, Tekirdağ ili sınırları içine dağılmış olan, enlem, boylam, ortometrik ve elipsoidal yükseklikleri bilinen toplam 262 nokta kullanılmıştır. Verilerin enlem değerleri $41^{\circ} 18' 0.22'' > \varphi > 40^{\circ} 46' 43.10''$ ve boylam değerleri ise $28^{\circ} 4' 32.95'' > \lambda > 27^{\circ} 7' 13.26''$ arasında değişmektedir. Ortometrik yükseklikler ise 1.878 m ile 511.729 m arasındadır. Bu noktalardan 232 tanesi bulanık modelleri oluşturmak için kullanılmıştır. Geriye kalan 30 tane nokta ise bulanık modellerin kontrolü için test noktası olarak seçilmiştir. Seçilen test noktaları bulanık modellerde kullanılmayıp sadece oluşturulan bulanık modellerin dış doğruluğunu kontrol etmek için kullanılmıştır. Noktalar homojen dağılımda seçilmiştir. Model ve test noktalarının dağılımı Şekil 3'de gösterilmiştir.

4. UYGULAMA

Jeoid yüksekliğinin bulanık mantık ile hesaplanmasında izlenen yol şöyledir İlk önce veriler model ve test verileri olmak üzere iki parçaya ayrılır (genelde test verileri toplam verinin %15-20 kadardır) daha sonra verilerin kaç alt bölgeye ayrılacağı ve kullanılacak üyelik fonksiyon çeşiti seçilir ve böylece model verileri kullanılarak bulanık model oluşturulur. Bu oluşturulan bulanık modelin geçerliliğini test etmek için test verilerinin değerleri bulanık modele girdi olarak verilir ve bu noktalara ait jeoid yükseklik değerleri elde edilir. Daha sonra model noktalarındaki ve test noktalarında elde edilen karesel ortalama değerleri karşılaştırılır, eğer bu iki değer birbirine yakın.



Şekil 3: Bulanık modellerde kullanılan model ve test noktalarının dağılımı.

ise modelin geçerliliği test edilmiş aksi halde bu model bölge için kullanışlı değildir denir.

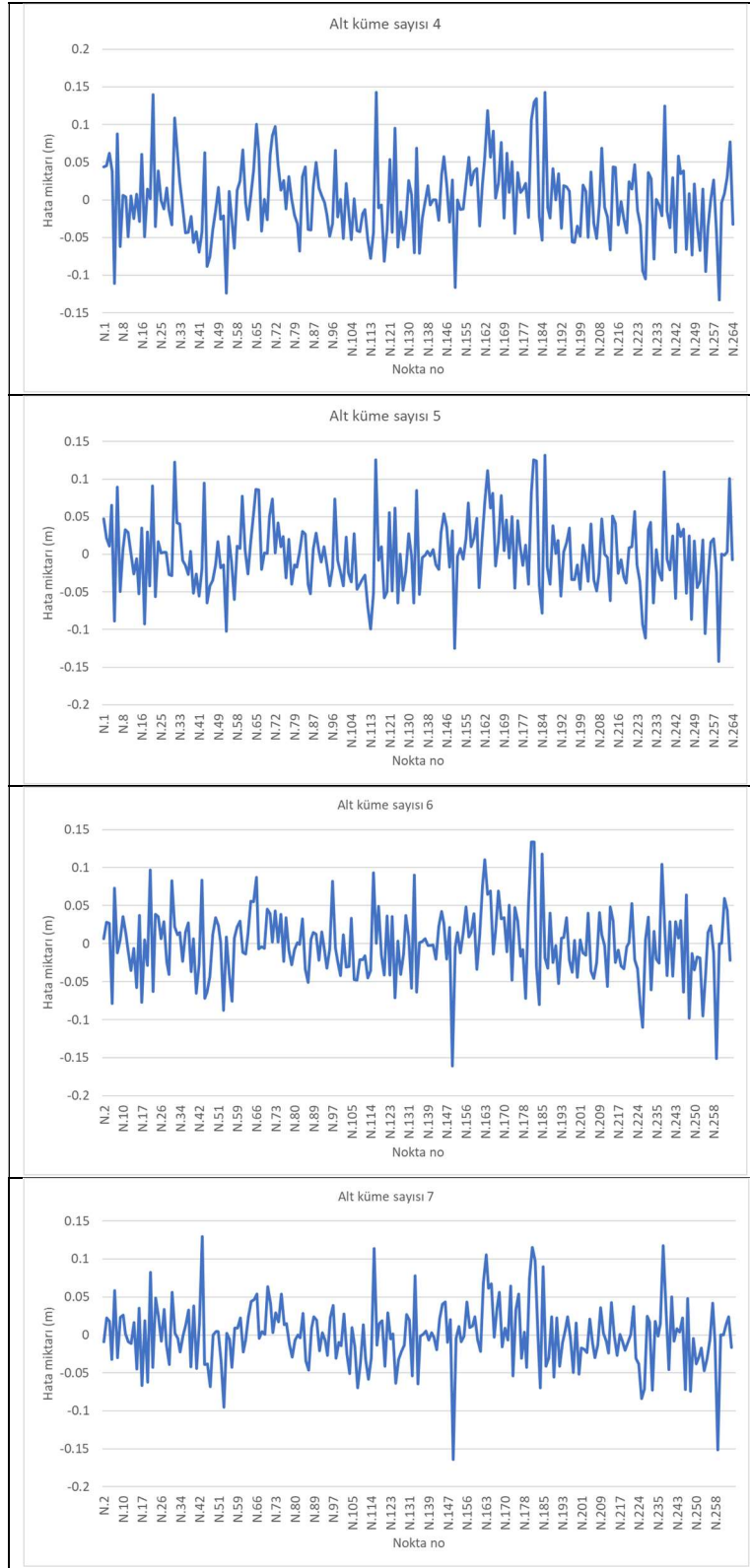
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Matlab programının Bulanık mantık modülü altındaki ANFIS kullanılarak jeoid yükseklikleri seçilen 232 model noktası kullanılarak bulanık modeller oluşturulmuştur. Bulanık modellerde Gauss üyelik fonksiyonları kullanılmış, noktaların enlem ve boylam değerleri girdi olarak, noktaların jeoid yükseklikleri ise çıktı olarak alınmıştır. Girdiler en uygun bulanık modeli bulmak için sırası ile 4, 5, 6 ve 7'er alt kümeye ayrılmış ve sonuçlar birinci derece doğru denklemi şeklinde elde edilecek şekilde seçilmiştir. Bulanık modeller bölgede enlem ve boylam değerleri belirli olan noktalarda jeoid yüksekliklerini hesaplamak için oluşturulmuştur. Oluşturulan bu dört farklı bulanık model sonucu elde edilen model ve test noktalarına ilişkin özet değerler Tablo 1'de gösterilmiştir.

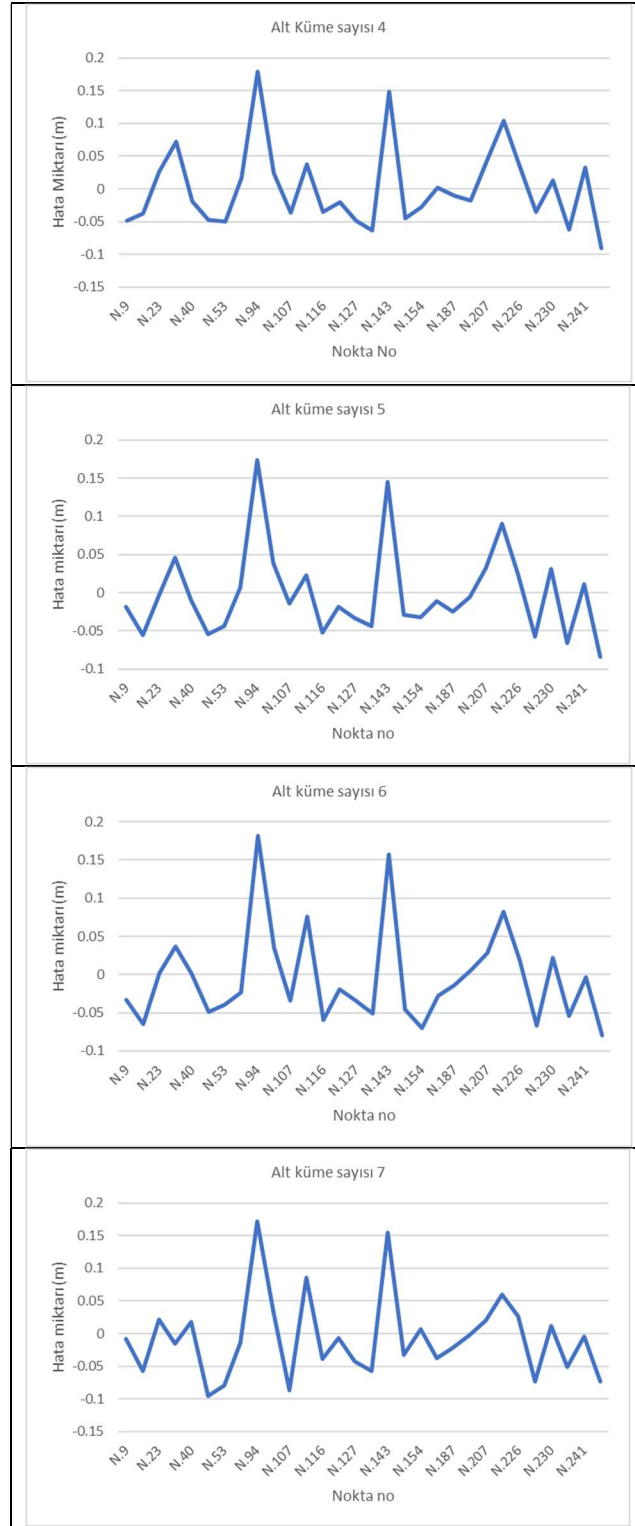
Tablo1. Dört farklı bulanık modele ait minimum, maksimum ve KOH değerleri model ve test noktalarında (sonuçlar metre birimindedir).

Altküme sayısı	Model Data			Test Data		
	Minimum	Maksimum	KOH	Minimum	Maksimum	KOH
4	-0.133	0.143	0.051	-0.091	0.180	0.062
5	-0.143	0.132	0.048	-0.084	0.174	0.058
6	-0.161	0.134	0.045	-0.079	0.181	0.063
7	-0.164	0.130	0.041	-0.095	0.172	0.064

Tablo 1 incelendiğinde, model noktalarında, minimum değerlerin -0.133 ile -0.164 m arasında değiştiği oysa maksimum değerlerin ise daha dar bir aralık olan 0.130 – 0.143 m aralığında değiştiği görülmektedir. KOH değerleri ise ± 0.041 ile ± 0.051 m arasında değiştiği görülmektedir. Burada alt küme sayısının artması doğal olarak KOH değerinin düşmesini gösteriyor. Test noktalarında minimum değerlerin -0.079 ile -0.095 m arasında, maksimum değerlerin ise 0.172 – 0.181 m aralığında değiştiği görülmektedir. Model ve test noktalarında 4 farklı bulanık modellerle elde edilen hataların nokta bazlı gösterimleri Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



Şekil:4 Model noktalarındaki hata değerlerinin gösterimi (m).



Şekil:5 Model noktalarındaki hata değerlerinin gösterimi (m).

KOH değerleri ise ± 0.058 ile ± 0.064 m arasında değiştiği görülmektedir. Burada model noktaların KOH değerlerinin test noktalarındaki değerlerden daha küçük çıkması beklenen bir sonuçtur. Burada önemli olan bu dört farklı bulanık modelden hangisinin bölge için daha uygun olduğunun belirlenmesidir. Burada dikkat edilirse test noktalarındaki KOH değeri alt küme sayısı 4'ten 5'e geçtiğinde düşmesine rağmen aynı durum alt küme sayısının artırıldığı (6'ya ve 7'ye çıkarıldığı) durumlarda söz konusu değildir. Tersine buralarda KOH değeri model noktalarında düşerken test noktalarındaki KOH değerleri artmakta ve aralarındaki uyumsuzluk artmaktadır. Bu nedenle bölge için alt küme sayısı 5 olan bulanık model jeoid hesabı için kullanılacak model olarak seçilmiştir.

KAYNAKÇA

- Akyılmaz, O, Ayan, T, Özlüdemir, T, (2003). Geoid surface approximation by using Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems, AVN p. 308 – 315.
- Çakır, L. ve Yılmaz, N. (2014). Polynomials, radial basis functions and multilayer perceptron neural network methods in local geoid determination with GPS/levelling. *Measurement* 57, 148–153.
- Eteje Sylvester O., Oduyebo Olujimi F. and Olulade Sunday, A. (2018). Procedure for the Determination of Local Gravimetric – geometric Geoid Model. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*. Volume 4, Issue 8, 205-214.
- Jyh- Shing, R J, (1995). Neuro – fuzzy modelling and control, *Proceedings of the IEEE*, 83, No:3, 378-406.
- Kavzaoğlu, T., Saka, M.H., (2005). Modelling local GPS/Levelling geoid undulations using artificial neural networks. *Journal of Geodesy* 78, 520–527.
- Kotsakis C, Sideris MG, (1999). On the adjustment of combined GPS/levelling/ geoid networks. *J Geod* 73:412–421.
- Pepe, M., Prezioso, G., & Santamaria, R. (2015). Impact of vertical deflection on direct georeferencing of airborne images. *Survey Review*, 47(340), 71-76.
- Rosa, R., Jana, S.K., Das, R.K. and Pal, D.K. (2016). Evaluation of orthometric heights from GPS survey using a geoid model– a case study for madang, Papua New Guinea. *International Journal of Advancements in Research & Technology*, Volume 5, Issue 5, 9-16.
- Seager J, Collier P, Kirby J, (1999). Modelling geoid undulations with an artificial neural network. *IIEEE, International Joint Conference on* Volume 5, 3332 – 3335.

Vatansever, A. & Demiryürek, D. (2019). The Virtual Anatomy of the Temporomandibular Joint for Anatomy Education. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 2 (1): 48-60.

Shen, W., & Han, J. (2013). Improved geoid determination based on the shallow-layer method: a case study using EGM08 and CRUST2.0 in the Xinjiang and Tibetan Regions. *Terrestrial, Atmospheric & Oceanic Sciences*, 24(4), 591-604.

Torge W, (1980). *Geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin.

Yılmaz, M., Arslan, E., (2010), Adaptive network based on fuzzy inference system estimates of geoid heights interpolation, *Scientific Research and Essays Vol. 5(16)*, 2148-2154.

Yılmaz, M., Arslan, E., (2011), Effect of increasing number of neurons using artificial neural network to estimate geoid heights, *International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(3)*, 529-533.

**GSİ JOURNALS SERIE C: ADVANCEMENTS IN INFORMATION
SCIENCES AND TECHNOLOGIES**

Volume: 2, Issue: 1, p. 61-77, 2019

**ORMAN ALANLARININ AHP YÖNTEMİ
KULLANILARAK KÜTAHYA KENTİ ÖRNEĞİNDE
İRDELENMESİ**

**EXAMINATION OF FOREST LANDS IN THE INSTANCE OF PROVINCE
KÜTAHYA BY USING AHP METHOD**

Özlem Erdoğan¹

Yalçın Memlük²

Halim Perçin³

(Received 17.07.2019 Published 05.08.2019)

Özet

Özüne bakıldığında ortam şartları uygun olduğunda kendiliğinden var olabilen orman alanları, ekonomik amaçlarla bilinçsiz kesim, toprak verimi nedeniyle orman dışı kullanım, arazilerin satışı ve kiralanması gibi sebeplerden dolayı vasıflarını yitirmiş ya da yok olmuştur. Bu nedenle bu çalışmada vasfını yitirmiş yada yok olmuş ekonomik ve ekolojik öneme sahip orman alanlarının planlanmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Amaç kapsamında orman alanları ile ilgili geçmişte yapılmış çalışmalar incelenerek değerlendirme faktörleri belirlenmiştir. Bu faktörler orman alanları konusunda çalışan 5 uzmanın görüşü alınarak, AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. AHP sonucunda elde edilen faktör ağırlıkları CBS ortamında ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu sayede vasfını yitirmiş alanlar tespit edilip iyileştirilebilecek yok olmuş alanların ise ağaçlandırılması yapılabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Orman Alanı, Ekolojik planlama, CBS, AHP

¹ Kırklareli Üniversitesi Mimarlık Fak. Peyzaj Mim. Böl., Kırklareli / TÜRKİYE, ozlemerdogan35@gmail.com

² Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Peyzaj Mim. Böl., Ankara. /TÜRKİYE, memluk@agri.ankara.edu.tr

³ Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Peyzaj Mim. Böl., Ankara. /TÜRKİYE, percin@agri.ankara.edu.tr

Abstract

Forest lands which, in fact, can exist by themselves when the environmental conditions are proper, have lost their characteristics or they became extinct as a result of unconscious cut-downs for economical purposes, non-forest utilization due to soil efficiency, land sales or rents, etc. Therefore, this study was carried out for the planning of forest lands which lost their characteristics or are extinct, and have economical and ecological importance. To this end, past studies made on forest lands were examined and assessment factors were determined. These factors were evaluated with AHP method by obtaining the opinions of 5 experts studying on forest lands. Factor weights obtained in the end of AHP were analyzed with weighted superposition method under CBS environment. Thus, the lands which lost their characteristics can be determined and improved, as for extinct lands, they can be afforested.

Keywords: Forest area, Ecological planning, GIS ,AHP.

1. GİRİŞ

Orman; ağaçlarla birlikte diğer canlı varlıklarla fiziksel çevre faktörlerinin birlikte oluşturdukları karşılıklı ilişkileri simgeleyen bir ekosistemdir. *Orman; beş metreden daha boylu orman ağaçlarının baskın olduğu ve birbirlerini etkileyecek sıklıkta bulunduğu, kendine özgü iklim ve toprak koşulları oluşturduğu bir yaşam birliğidir. Orman; bitki köklerinin etkileyebildiği 1-2 metre toprak derinliğinden ağaçların birkaç metre yukarısına kadar uzanan ve en az bir hektar alan kaplayan bir varlıktır* (Genç vd 2010).

Ekolojik dengenin bozulması; kuraklık, erozyon, sel ve taşkın gibi çevresel sorunların ortaya çıkmasına neden olmuş ve bu olaylarda orman kaynaklarının toplum sağlığını korumada önemli fonksiyonlara sahip olduğu gerçeğini ortaya çıkarmıştır (Ertekin ve Özel 2010).

Asan'a göre orman fonksiyonlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Anonim 1) :

- Endüstri çevrelerinde ihtiyaç duyulan orman ürünleri üretmek,
- Toprak ve üstü yüzeylerinin kayıplarını önler (Çığ oluşumu, kaya ve taş yuvarlanmaları, toprak kayması ve erozyona mani olmak),
- Su rejimini düzenlemek, sel ve taşkınları önlemek,
- Havadaki oksijen miktarını artırırken zararlı partikülleri tutarak hava kalitesini yükseltmek,
- Küresel ısınmayı engellemek,
- İklim koşullarını iyileştirmek,
- Gürültüyü engellemek,
- Canlı dokusu nedeniyle mevsimlerle değişerek estetik peyzajlar oluşturmak,
- Av ve yaban hayatına ev sahipliği yapmak,
- Çeşitli spor ve toplum sağlığı aktivitelerine olanak sağlamak,
- Doğa bilimleri ile ilgili laboratuvar işlevi görmek,
- Ulusal güvenliğe katkı sağlamak

Bu kadar önemli fonksiyonlara sahip orman alanları günümüzde çeşitli nedenlerle tahrip edilmektedir. Bilgili'ye göre Anadolu'nun geçmişte %70'i ormanlarla kaplıydı (Bilgili 2014). Orman alanlarının tahrip edilmesi sebeplerinden biri doğal kaynakların tüketimi ve tüketim karşısında yenilenememesidir. Ekolojik açıdan canlı varlığının en temel kaynaklarından olan ve aynı zamanda türlere ev sahipliği yapan orman alanları; tarımsal, endüstriyel amaçlı kullanım, kentsel gelişim, madencilik ve çeşitli turizm ve rekreasyonel faaliyetler gibi kullanımlar sonucu zarar görmektedir. Orman vasfı bozulan alanlarda ikliminde etkisi ile erozyon ve çölleşme meydana gelmektedir.

Efe ye göre çölleşme terimi ilk kez Fransız bilim insanı Aubréville tarafından 1949 yılında Afrikada yaptığı çalışmalar sonucu "Forêts Et Désertification De L'afrique Tropicale" isimli kitabında kullanılmıştır (Efe 1994).

Çölleşme; kurak, yarı-kurak ve yarı nemli alanlarda, iklim değişiklikleri ve insan faaliyetleri de dâhil olmak üzere çeşitli faktörlerden kaynaklanan arazi bozulmasını ifade eder (Anonim 2). Dünya çölleşme risk haritası'nda İç Anadolu Bölgesi, "aşırı hassas ve çok hassas" bölge olarak gösterilmektedir. Dünyada her yıl, toprağın üst tabakasının 24 milyar tonu erozyon gibi çeşitli nedenlerle kaybedilirken 6 milyar hektar alan çölleşmektedir. Çölleşmenin en önemli nedenlerinden biri erozyondur (Anonim 3). Ülkemizdeki Orman alanlarının %54'ü orta ve şiddetli erozyona maruz kalmaktadır (Anonim 4). Çölleşme ve erozyonla karşı alınabilecek en önemli çevre koruma yöntemi ağaçlandırma çalışmaları yapmaktır. Orman varlığı arttırılarak o yörenin; iklim ve toprağının kalitesini iyileştirmek, yeraltı suları ve yüzey suları rejimini dengelemek, hava kalitesini arttırmak, canlı varlığını barındırmak gibi konularda katkılar sağlanır.

Ülkemizde diğer bir önemli orman alanı kayıp nedeni ise orman yangınlarıdır. Orman genel müdürlüğü 2017 yılı ormancılık istatistikleri verilerine göre Türkiye'de 119 bin 92 hektar ormanlık alan 2017 yılında çıkan yangınlarda zarar gördü (Anonim 5).

Türkiye'de çevrenin, doğanın, doğal ve kültürel varlıkların korunmasında temel yasal dayanağı, Türkiye Cumhuriyeti Anayasa'nın 56., 63. ve 169. maddeleri oluşturmaktadır (Ürker ve Lise 2018). Anayasanın 169 maddesinde "*Devlet, ormanların korunması ve sahalarının genişletilmesi için gerekli kanunları koyar ve tedbirleri alır. Yanan ormanların yerinde yeni orman yetiştirilir, bu yerlerde başka çeşit tarım ve hayvancılık yapılamaz. Bütün ormanların gözetimi Devlete aittir*" denmektedir (Anonim 6). Bu madde ile orman alanlarının korunması ve yenilenmesi kanunlaştırılarak gözetiminin devletin sorumluluğunda olduğu vurgulanmıştır.

Kütahya; "bulunduğu bölgenin ekolojik özellikleri nedeniyle sadece o bölgede yetişen, dünyanın başka yerinde yetişme ihtimali olmayan", anlamına gelen "endemik" türlerce zengin bir ilimizdir. Kütahya ili sınırları içerisinde 285 civarında endemik bitki türü bulunmaktadır.

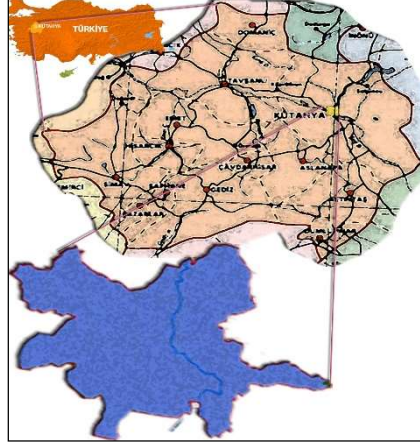
Bu çalışma ile canlı varlığının devamı açısından iyileştirici, yenileyici ve tür çeşitliliği bakımından önemli fonksiyonlara sahip orman alanlarının mevcut yeri ve öneri orman alanı yeri tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma alanı uygunluk değer (UD) ve Uygunluk Değer Ağırlıkları (UDA) haritaları üretilmiştir. Elde edilen haritalar coğrafi bilgi sistemleri yazılımı olan ArcGIS 9.3 ortamında ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçta Kütahya ili orman alanları ve potansiyel orman alanları tespit edilmiştir.

Bu çalışma 2017 yılında tamamladığımız ekolojik alan kullanım kararlarının imar planlarına uygunluğunun Kütahya kenti örneğinde irdelenmesi başlıklı doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Kütahya il merkezinin mücavir alan sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (şekil 1). Kentin coğrafi koordinatları; 30° 25' 30" kuzey enlemi, 29° 58' 30" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Türkiye istatistik kurumu adrese dayalı nüfus kayıt sistemi 2018 yılı verilerine göre Kütahya il nüfusu 577.941'dir.



Şekil 1. Çalışma Alanı

Çalışma amacı kapsamında Kütahya ili potansiyel orman alanlarını belirlemek amacıyla;

- Belediye mücavir alan sınırları,
- 1/25.000 ölçekli vektör toprak haritasından elde edilen drenaj, erozyon, arazi kullanım yetenek sınıfları, sınırlayıcı toprak özellikleri ve toprak derinliği haritaları,
- 1/25.000 ölçekli topografya haritalarından elde edilen eğim, bakı ve yükseklik grupları haritaları,
- Kütahya ili ve komşu illere ait yağış haritaları üretmek için kullanılacak 14 istasyon bilgisini içeren iklim verileri veri tabanına koordinatlı olarak aktarılmıştır.

Alana ait tüm sayısal veriler coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında ArcGIS9.3. yazılımı ile ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Planlama yapılacak çalışma alanı sınırları mücavir alan sınırları olarak belirlenmiştir.

Orman alanı optimum alan kullanım değerlendirmelerinde etkili olabilecek kriterler ve bunlara ait alt kriterler konuyla ilgili geçmişte yapılan çalışmalar ve uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Orman alanların belirlenmesi amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) tekniği kullanılmıştır. Faktör ağırlıkları belirlenirken ormancılık ve çalışma alanı konusunda

bilgi birikimine sahip 5 uzmandan belirlenen kriterleri 2'li karşılaştırarak kriterlerin birbirlerine üstünlüğünü AHP tekniğine uygun olarak değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirmeler kendi içerisinde doğruluğu analiz edildikten sonra ortalama değerleri UDA olarak belirlenmiştir.

Potansiyel orman alanı kullanım yerlerini belirlemek amacıyla belirlenen faktörlere ait uygunluk değerleri (UD) belirlenirken, Ortaçesme (1996) ve Akten (2008) in çalışmalarında kullandıkları değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre orman alanı belirlemede kullanılacak kriterlere 1 ile 4 arasında değişen sayısal değerler verilerek uygunluk değerleri oluşturulmuştur. Bu değerlendirmede;

4- Çok Uygun

3- Uygun

2- Az Uygun

1- Uygun Değil şeklinde sıralanmaktadır.

Elde edilen faktör haritaları, UDA ve UD kullanılarak ArcGIS programında ağırlıklı çakıştırma analizleri yapılmıştır.

AHP Yöntemi;

AHP, karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilen amacıyla 1977 yılında Saaty tarafından getirilmiştir bir modeldir (Anonim 7, 2018). AHP; karar vericiler karar verme aşamasında seçim kriterlerini birleştirme seçeneğini sunan bir yöntemdir. (İncekara 2018, Saaty 1991)

Zahedi'ye göre bir karar verme probleminin AHP tekniği kullanılarak çözümlenmesinde aşağıdaki adımlar izlenmektedir (Yılmaz,2005);

• **Adım 1:** Karar verme problemini tanımlayacak şekilde karar elemanlarından oluşan bir karar hiyerarşisi kurulur.

• **Adım 2:** Karar elemanlarının ikili olarak kendi aralarında karşılaştırılması suretiyle veriler elde edilir. İkili karşılaştırmalar yapılırken aşağıdaki önem derecelerinden faydalanılır (Tablo 1).

Tablo 1. AHP Değerlendirme Ölçeği (Anonim 7 2018).

Önem Değeri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. Faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara Değerler

- **Adım 3:** Özdeğer yöntemi kullanılmak suretiyle karar elemanlarının göreceli öncelik (önem, ağırlık) değerleri belirlenir,
- **Adım 4:** Karar elemanlarının göreceli öncelik değerlerine göre, karar alternatiflerinin genel öncelik değerleri ve sıralaması elde edilir. Tutarlılık ölçülür.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Potansiyel Orman alanlarını belirlemek için değerlendirilen faktörler; drenaj, erozyon, eğim, bakı, arazi kullanım yetenek sınıfları, sınırlayıcı toprak özellikleri, toprak derinliği, yağış miktarı ve yüksekliktir. Çalışmanın bu bölümünde bu faktörlere ilişkin değerlendirmeler sonucu elde edilen haritalar şekil 2' de yer alan Potansiyel Orman alanı yeri belirlemede kullanılan kriter analiz haritalarında sunulmuştur.

Potansiyel orman alanı yer tayininde değerlendirmeye alınan bir diğer faktör de yağış faktörüdür. Çalışma alanı yağış haritası üretmek için alan ve çevresinde yer alan 14 meteoroloji istasyon verisi ve Schreiber formülünden yararlanılmıştır. Alana ait yeni yağış miktarı değerleri türetmek için 14 istasyona ait yağış verileri deniz seviyesi rakımına düşürülerek yeni yağış miktarları bulunmuştur. Deniz seviyesi yağış aylık değerleri ArcGIS programı Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemi ile interpolasyonu yapılarak aynı yükseklikteki yağış dağılım haritası elde edilmiştir. Elde edilen haritada alan 20x20 km'lik gridlere bölünerek, bu grid noktalarının alanın sayısal yükseklik modelinden (SYM) yükseklikleri bulunarak bu noktalara ait yeni yağış verileri üretilmiştir. Böylece alana ait 14 istasyon verisinden 44 istasyon verisi elde edilmiştir.

Schreiber formülü aşağıdaki (Formül 1) şekildedir (Işık vd., 2018)(Çiçek ve Ataol 2009).

$$Ph=Po \pm (54 h) \quad (1)$$

Formül'de ;

Ph yükseltisi bilinen ancak yağış miktarı bulunmak istenen yağışı (mm),

Po yağış değeri ve yüksekliği bilinen istasyonun yağış miktarı (mm)

h ise Ph ile Po arasındaki yükselti farkını (hektometre) ifade etmektedir

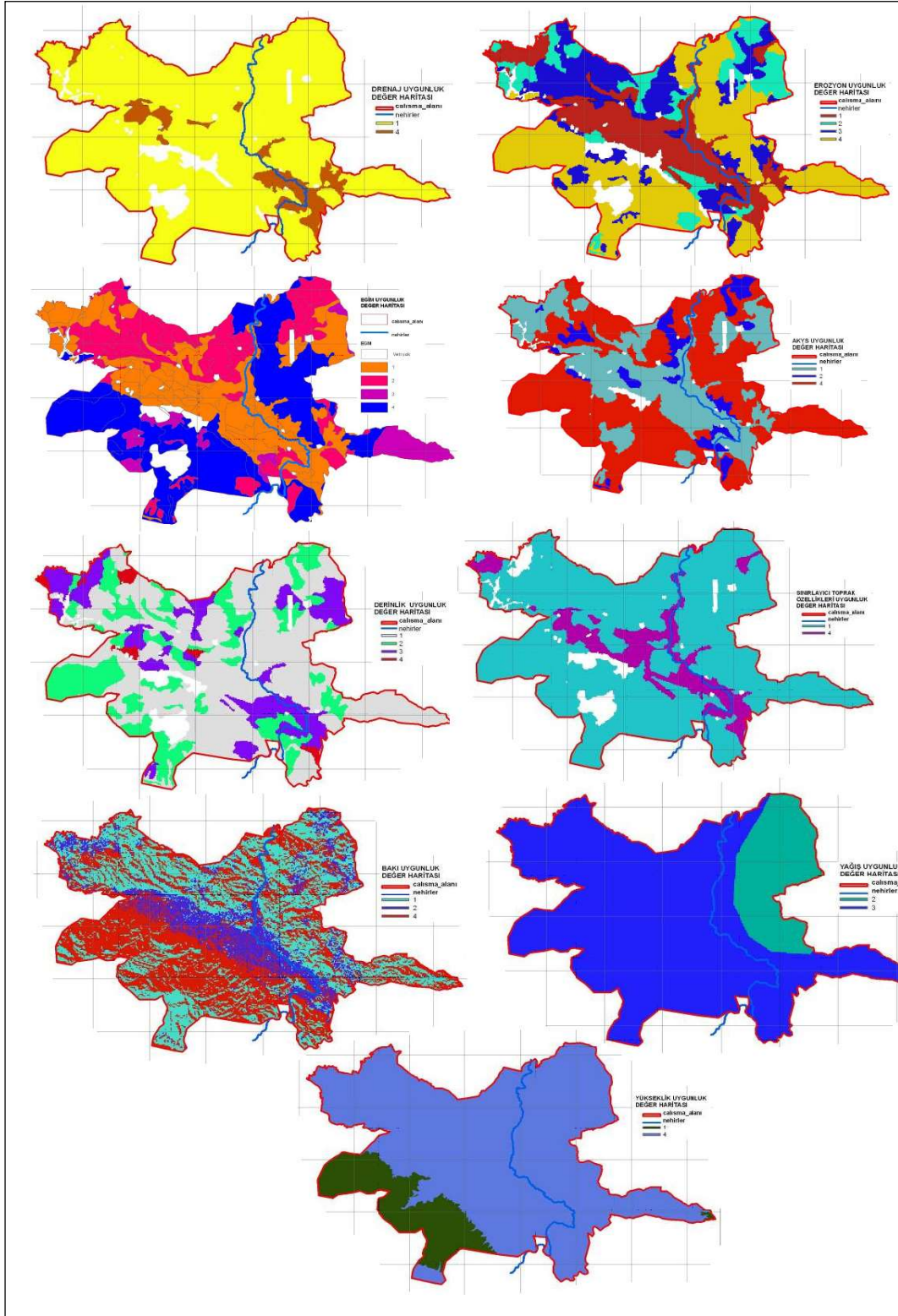
Ormanlık konusunda ve çalışma alanı özellikleri hakkında bilgi birikimi ve deneyime sahip 5 ayrı uzmanın belirlenen kriterleri birbirlerine göre üstünlüklerini değerlendirdikleri görüşleri alınarak faktörlerin ortalama ağırlıkları elde edilmiştir (ek tablo 1, ek tablo2, ek tablo3, ek tablo4, ek tablo5'den üretilerek). Uzman görüşleri değerlendirmesi tablo 2. de sunulmuştur. Optimum orman alanları yer tayini için literatür taraması ile belirlenen faktörler ve alt faktörler ile uzman görüşlerinin Ahp yöntemi ile analizi ile elde edilen uygunluk değer ağırlıkları tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 2. Orman Alanı yeri belirlemede kullanılan uzman değerlendirme tablosu (Erdogan, 2017)

Uzmanlar	Tutarlılık Oranı	Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özelliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Bakı	Yağış	Yükseklik
Uzman 1	0.025	0.078	0.170	0.056	0.047	0.107	0.271	0.034	0.146	0.092
Uzman 2	0.037	0.058	0.068	0.126	0.094	0.152	0.263	0.049	0.109	0.081
Uzman 3	0.027	0.291	0.112	0.167	0.057	0.072	0.091	0.049	0.124	0.037
Uzman 4	0.027	0.032	0.082	0.095	0.065	0.054	0.139	0.119	0.252	0.162
Uzman 5	0.019	0.032	0.323	0.142	0.201	0.105	0.075	0.026	0.054	0.042
Ortalama	0.027	0.098	0.151	0.117	0.093	0.098	0.168	0.055	0.137	0.083

Tablo 3. Potansiyel Orman Alanı Belirleme Kriterleri (Erdogan, 2017)

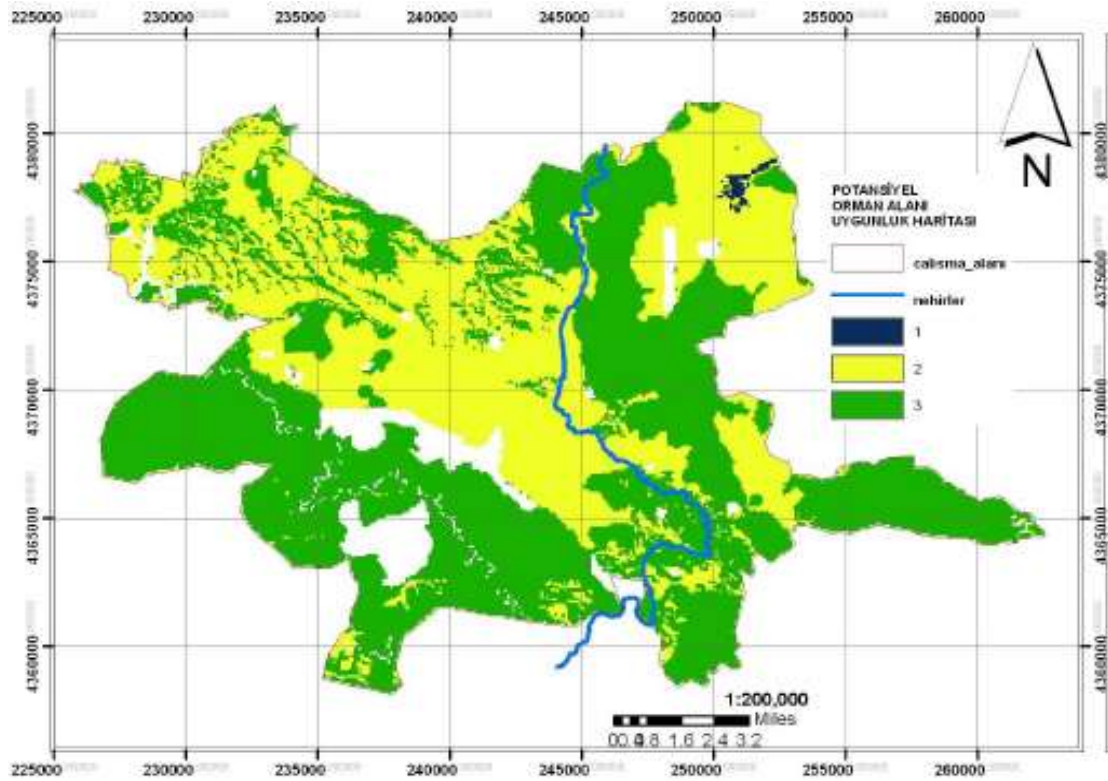
ORMAN ALANI	FAKTÖRLER	ALT FAKTÖRLER	UYGUNLUK DEĞERİ (UD)	UYGUNLUK DEĞERİ AĞIRLIĞI (UDA)
	Arazi Kullanım Yetenek Sınıfları		VII. Sınıf	
		VI. Sınıf	4	
		V. Sınıf	3	
		IV. Sınıf	2	
		I, II, III, VIII. Sınıf	1	
Toprak Derinliği		Derin	4	0.151
		Orta Derin	3	
		Sığ	2	
		Çok sığ	1	
Erozyon		Yok yada hafif	1	0.098
		Orta şiddetli	2	
		Şiddetli	3	
		Çok şiddetli	4	
Eğim		%20-30		0.168
		%30>	4	
		%12-20	3	
		%6-12	2	
		%0-2		
		%2-6	1	
Bakı		Gölgeli Bakılar (K, KD, KB, D)	4	0.055
		Düzlük Alanlar	2	
		Günesli Bakılar (G, GD, GB, B)	1	
Sınırlayıcı Toprak Özellikleri		Sorun yok	4	0.117
		Sorun var	1	
Drenaj		İyi	4	0.093
		Yetersiz zayıf	1	
Yağış		250-500 mm	2	0.137
		500-1089 mm	3	
Yükseklik		750-1250 m	4	0.083
		> 1250 m	1	



Şekil 2. Potansiyel Orman alanı yeri belirlemede kullanılan kriter analiz haritaları (Erdogan Ö. 2017'den üretilmiştir.)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Potansiyel Orman alanlarını belirlemek için değerlendirilen; drenaj, erozyon, eğim, bakı, arazi kullanım yetenek sınıfları, sınırlayıcı toprak özellikleri, toprak derinliği, yağış miktarı ve yükseklik verileri daha önce yapılmış çalışmalar dikkate alınarak puanlama sistemi ile analiz edilmiştir. Ayrıca orman ve Kütahya ili orman yapısı konusunda uzmanlar; drenaj, erozyon, eğim, bakı, arazi kullanım yetenek sınıfları, sınırlayıcı toprak özellikleri, toprak derinliği, yağış miktarı ve yükseklik verilerini birbirlerine göre öncelik ve üstünlük durumunu ortaya koyan AHP yöntemi ile değerlendirmeleri istenmiştir. Bu değerlendirme sonucu elde edilen faktör uygunluk değer ağırlıkları ve faktörler ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile CBS ortamında analiz edilerek potansiyel orman alanları haritası elde edilmiştir (Şekil 3)

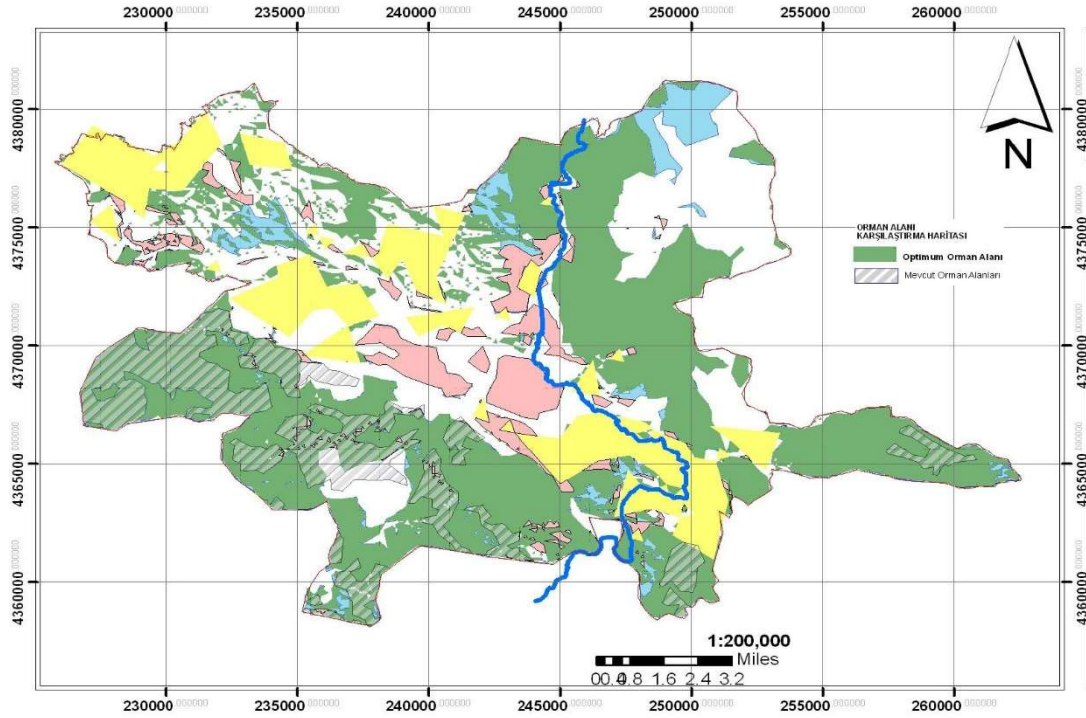


Şekil 3. Potansiyel orman alanları haritası (Erdoğan, 2017)

Potansiyel orman alanları haritası incelendiğinde alanın % 53.78'i orman alanı kullanımına uygun, % 39.08'i az uygun % 0.25'i ise orman alan kullanımına uygun olmadığı görülmektedir (Tablo 4). Alanın mevcut orman varlığı durumunu gösteren haritası ile üretilen optimum orman alanları haritası şekil 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Potansiyel orman alanlarının dağılımları (Erdoğan, 2017)

Uygunluk Durumu	Alan (m2)	Dağılım (%)
Uygun	226,699,417.95	53.78
Az Uygun	164,765,732.63	39.08
Uygun Değil	1,050,628.41	0.25
Veri Yok	29,052,999.38	6.89



Şekil 4. Optimal orman alanları ile mevcut orman alanları karşılaştırma haritası (Erdoğan, 2017).

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda orman alanları ve orman alanı olma potansiyeli taşıyan alanlar incelenmiştir. Böylece orman alanı potansiyeli yüksek alanlarda ağaçlandırma yapılabilir ya da iyileştirmeler yapılabilir. Orman varlığı artışı ile birlikte; canlı varlığı

ve tür çeşitliliğinde, iklim ve hava kalitesinde artış olacağından daha yaşanabilir alanlar elde edilmiş olacaktır.

Erozyon, çölleşme ve iklim değişikliklerine karşı alınabilecek en temel ve en güçlü tedbirlerden olan ayrıca yasalarla varlığı korunarak genişletilebilen orman alanları; insan faktörüne karşı, varlığını sürdürebilecek tedbirler alınmalıdır.

Bu çalışma ile ekolojik temelli bir alan kullanım planlaması örneği ortaya konmuştur. Toprak su ve hava kalitesi açısından önemli kaynaklardan olan orman alanları çevre kirliliği ve iklimsel değişiklikler nedeniyle her geçen gün artan bir öneme sahiptir.

Artan tüketim ihtiyaçları karşısında, orman alanları direnemeyip tahrip edilmektedir. Bu zaman zaman bütünlüğü bozulmuş alanlarda plan kararları ile, kimi zaman kasıtlı yada kasıtsız çıkarılan yangınlarla, kimi zaman bilinçsiz aşırı otlatma yada tüketim sonucu zarara uğratılmaktadır. Arazi kullanım planlaması çalışmalarında ekolojik koruma ve sürdürülebilirlik temelli planlama çalışmaları nesillerin varlığının teminatı olacaktır. Her plan kademesinde doğal kaynak envanterlerinin yapılarak planlama analizlerinin yapılması ekolojik dengenin korunması sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Böylece ülke doğal kaynakları korunarak hem daha yaşanabilir bir çevre elde edilecek hem de ülke ekonomisine katkı sağlandığından sürdürülebilir kalkınma desteklenecektir.

KAYNAKLAR

Anonim1. (23 Haziran 2019) Orman Genel Müdürlüğü

<https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/EgitimDokumanlari/Orman%20%C4%B0daresi%20ve%20Planlama%20Dairesi%20Ba%C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/AMENAJMAN%20%C4%B0LE%20%C4%B0LG%C4%B0L%C4%B0%20KAYNAKLAR/B%C4%B0LD%C4%B0R%C4%B0LER/ABBAS%20%C5%9EAH%C4%B0N.pdf>

Bilgili, E., (2014). *Orman Yangınları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

http://www.ktu.edu.tr/dosyalar/15_01_02_1a809.pdf

Anonim 2. (23 Haziran 2019) TC.Orman ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, *Türkiye Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Faaliyetleri Raporu*

http://www.cem.gov.tr/erozyon/files/yayinlarimiz/CEM_FAALİYET_TR.pdf

Anonim 3. (23 Haziran 2019) T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Çölleşme Ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, *Çölleşme İle Mücadele Ulusal Strateji Belgesi 2013-2023*

https://www.tarimorman.gov.tr/CEM/Belgeler/collesme%20belgeleri%20arsiv/Sayfa04/%C3%87%C3%96LLE%C5%9EME_16X23.pdf

Anonim 4. (23 Haziran 2019)

www.cem.gov.tr/erozyon/Files/egitim/.../erozyon kontrolu daire baskanligi.ppt

Anonim 5 Asan Ü., (23 Haziran 2019) Orman Fonksiyonlarının Belirlenmesi ve Haritalanması.

<https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FIstatistikler%2FOrmanC%4%B1%4%B1k%20%4%B0statistikleri&FolderCTID=0x012000301D182F8CB9FC49963274E712A2DC00&View={4B3B693B-B532-4C7F-A2D0-732F715C89CC}>

Anonim 6 (23 Haziran 2019) *Türkiye Cumhuriyeti Anayasası*

https://www.tbmm.gov.tr/anayasa/anayasa_2018.pdf

Anonim 7 (23 Haziran 2019) *Analitik Hiyerarşi Proses*

http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/dosyalar/Analitik_Hiyerarsi_Proses.doc

Akten, M.,2008, *Isparta Ovasının Optimal Alan Kullanım Planlaması Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Efe, R.,1994. *Çölleşme Nedenleri*, Türk Coğrafya Dergisi, sayı:29, s:269-289. İstanbul.

Erdoğan, Ö., 2017. *Ekolojik Alan Kullanım Kararlarının İmar Planlarına Uygunluğunun Kütahya Kenti Örneğinde İrdelenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ertekin M., Özel H. B., 2010. *Çorum yöresi erozyonla mücadele kapsamında yapılan karaçam (Pinus nigra arnold.) Ve sedir (Cedrus libani a. Rich.) Ağaçlandırmaları*, Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2010, Cilt: 12, Sayı: 18, 77-85 ISSN: 1302-0943.

Çiçek, İ., Ataoğlu, M. 2009. *Türkiye'nin Su Potansiyelinin Belirlenmesinde Yeni Bir Yaklaşım*, Coğrafi Bilimler Dergisi (7), 51-64 Syf.

Genç, H., Demirkaya , H., Karasakal G., 2010. *İlköğretim öğrencilerinin ormana ilişkin görüşleri: Nitel bir araştırma*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2: s,150-166.

Işık F., Bahadır M., Çağlak S., 2018. *Artvin İlinde Yağışın Mekânsal Dağılışı Üzerine Bir Deneme, Schreiber Formülü*. Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Artvin Sempozyumu, Artvin.

İncekara, Ç.Ö., 2018. *Ülkemizdeki Enerji Santral Yatırımlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi*, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(4), ss. 185-196.

Ortaçşme, V., 1996, *Adana İli Akdeniz Kıyı Kesiminin Ekolojik Peyzaj Planlama İlkeleri Çerçevesinde Değerlendirilmesi ve Optimal Alan Kullanım Önerileri*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Saaty, T.L., 1991. *Some Mathematical Concepts of the Analytic Hierarchy Process*. *Behaviormetrika*, No. 29: 19-25.

Yılmaz, E., 2005, *Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanarak Katılımcı Doğal Kaynak Planlaması*, Çevre Ve Orman Bakanlığı Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 22, Tarsus.

Erdogan, Ö., Memlük, Y. & Perçin, H. (2019). Examination of Forest Lands in the Instance of Province Kütahya by Using Ahp Method. GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST), 2 (1): 61-77.

Ürker, O., Lise, Y., 2018. Doğa Korumada Yeni Bir Kavram Olan Hassas Orman Ekosistemlerinin Anadolu Sığla Ormanları Üzerinden İncelenmesi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, ISSN:1309-856X, cilt:4,s1-10.

EKLER

Ek Tablo 1. Orman Alanı UDA Analizi Uzman 1.

	Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik	
Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	1.00	0.50	2.00	3.0	0.50	0.25	2.00	0.90	0.50	
Toprak Derinliği	2.00	1.00	3.00	3	2.00	0.50	4.00	2.00	2.00	
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	0.50	0.33	1.00	2.00	0.50	0.20	2.00	0.33	0.50	
Drenaj	0.33	0.33	0.50	1	0.50	0.20	2.00	0.33	0.50	
Erozyon	2.00	0.50	2.00	2.00	1.00	0.33	3.00	0.90	2.00	
Eğim	4.00	2.00	5.00	5.00	3.00	1.00	6.00	2.00	3.00	
Baki	0.90	0.25	0.50	0.50	0.33	0.17	1.00	0.25	0.33	
Yağış	2.00	0.50	3.00	3.00	2.00	0.60	4.00	1.00	2.00	
Yükselik	2.00	0.50	2.00	2.00	0.50	0.33	3.00	0.90	1.00	
	14.33	5.80	19.00	22	10.33	3.48	27.00	7.42	11.63	

A Matrisi

	Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik	ÖNEM DEĞERİ
Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	0.07	0.08	0.11	0.14	0.06	0.07	0.07	0.07	0.04	0.08
Toprak Derinliği	0.14	0.17	0.16	0.14	0.19	0.14	0.15	0.27	0.17	0.17
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	0.03	0.06	0.06	0.09	0.06	0.06	0.07	0.04	0.04	0.06
Drenaj	0.02	0.06	0.03	0.06	0.06	0.06	0.07	0.04	0.04	0.06
Erozyon	0.14	0.08	0.11	0.08	0.10	0.10	0.11	0.07	0.17	0.11
Eğim	0.26	0.34	0.26	0.23	0.29	0.22	0.27	0.26	0.27	0.27
Baki	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
Yağış	0.14	0.08	0.16	0.14	0.19	0.14	0.15	0.13	0.17	0.15
Yükselik	0.14	0.08	0.11	0.09	0.06	0.10	0.11	0.07	0.08	0.09
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

C Matrisi

W Matrisi

	0.72871036	9.254746202
	1.69451931	9.38077086
	0.51507958	9.158737317
	0.427453587	9.170723723
	1.002594026	9.37548076
	2.528373369	9.342720515
	0.314694145	9.263953369
	1.354008122	9.367064895
	0.856970501	9.299350302
		83.65391774
Lambda=	9.284679749	
CI=	0.03665969	RI=1.45
CR=	0.025420688	

Tutarlılık Göstergesi (CI)
Tutarlılık Oranı (CR)

Ek Tablo 2. Orman Alanı UDA Analizi Uzman 2

	Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik	
Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	1.00	0.50	0.50	0.5	0.50	0.25	2.00	0.50	0.50	
Toprak Derinliği	2.00	1.00	0.50	0.90	0.50	0.25	2.00	0.50	0.50	
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	2.00	2.00	1.00	2.00	0.50	0.33	2.00	2.00	2.00	
Drenaj	2.00	2.00	0.50	1	0.50	0.33	2.00	0.50	2.00	
Erozyon	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	0.50	2.00	2.00	2.00	
Eğim	4.00	4.00	3.00	3.00	2.00	1.00	4.00	3.00	3.00	
Baki	0.90	0.60	0.60	0.60	0.50	0.25	1.00	0.60	0.60	
Yağış	2.00	2.00	0.60	2.00	0.50	0.33	2.00	1.00	2.00	
Yükselik	2.00	2.00	0.50	0.50	0.50	0.33	2.00	0.50	1.00	
	17.50	16.00	9.00	12	6.50	3.58	19.00	10.50	13.50	

A Matrisi

	Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik	ÖNEM DEĞERİ
Arazi Kullanım Yeternek Sınıfı	0.06	0.03	0.06	0.04	0.06	0.07	0.11	0.06	0.04	0.06
Toprak Derinliği	0.11	0.06	0.06	0.04	0.06	0.07	0.11	0.06	0.04	0.07
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	0.11	0.13	0.11	0.17	0.06	0.09	0.11	0.19	0.15	0.13
Drenaj	0.11	0.13	0.06	0.09	0.06	0.09	0.11	0.06	0.15	0.09
Erozyon	0.11	0.13	0.22	0.17	0.15	0.14	0.11	0.19	0.15	0.15
Eğim	0.23	0.26	0.33	0.25	0.31	0.28	0.21	0.29	0.22	0.26
Baki	0.03	0.03	0.06	0.04	0.06	0.07	0.06	0.06	0.04	0.06
Yağış	0.11	0.13	0.06	0.17	0.06	0.09	0.11	0.10	0.15	0.11
Yükselik	0.11	0.13	0.06	0.04	0.06	0.09	0.11	0.06	0.07	0.08
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

C Matrisi

W Matrisi

	0.536763	9.250542
	0.628711	9.266676
	1.206414	9.616896
	0.887895	9.410533
	1.453752	9.882136
	2.497129	9.494267
	0.458748	9.361733
	1.036696	9.519674
	0.75922	9.316719
		84.81908
Lambda=	9.424342	
CI=	0.053043	RI=1.45
CR=	0.039681	

Ek Tablo 3. Orman Alanı UDA Analizi Uzman 3

	Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik		
Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	1.00	3.00	2.00	5.0	4.00	4.00	5.00	3.00	6.00		
Toprak Derinliği	0.33	1.00	0.50	2	2.00	2.00	3.00	0.50	3.00		
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	0.50	2.00	1.00	3.00	2.00	2.00	3.00	2.00	4.00		
Drenaj	0.20	0.50	0.33	1	0.50	0.33	2.00	0.50	2.00		
Erozyon	0.25	0.50	0.50	2.00	1.00	0.33	2.00	0.50	2.00		
Eğim	0.25	0.50	0.50	3.00	2.00	1.00	2.00	0.50	2.00		
Baki	0.20	0.33	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	2.00		
Yağış	0.33	2.00	0.50	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	3.00		
Yükselik	0.17	0.33	0.25	0.50	0.50	0.50	0.50	0.33	1.00		
	3.23	10.17	5.92	19	14.50	12.67	20.50	8.83	25.00		
										2.73417	9.389685
										1.050357	9.359664
										1.574627	9.404801
										0.525767	9.189713
										0.661303	9.217527
										0.651025	9.341142
										0.445123	9.174508
										D= 1.176073	E= 9.482943
										0.389883	9.300886
											83.802015
										Land# 9.317794	
										C+ 0.039724 R+1.45	
										CR= 0.027386	

Ek Tablo 4. Orman Alanı UDA Analizi Uzman 4

	Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik		
Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	1.00	0.33	0.33	0.5	0.50	0.25	0.25	0.17	0.25		
Toprak Derinliği	3.00	1.00	0.50	2	2.00	0.50	0.50	0.33	0.50		
Sınırlayıcı Toprak Özellikliği	3.00	2.00	1.00	2.00	2.00	0.50	0.50	0.33	0.50		
Drenaj	2.00	0.50	0.50	1	2.00	0.50	0.50	0.25	0.50		
Erozyon	2.00	0.50	0.50	0.50	1.00	0.50	0.50	0.20	0.50		
Eğim	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	0.50	0.50		
Baki	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	1.00	0.50	0.50		
Yağış	6.00	3.00	3.00	4.00	5.00	2.00	2.00	1.00	2.00		
Yükselik	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.50	1.00		
	29.00	13.33	11.83	16	18.50	7.75	9.25	3.75	6.25		
										0.297645	9.260688
										0.757756	9.210411
										0.807726	9.314641
										0.588667	9.2364
										0.489705	9.264148
										1.305645	9.419062
										1.116815	9.361509
										2.946148	9.325302
										1.525068	9.423743
											83.79966
										Land# 9.310653	
										C+ 0.039833 R+1.45	
										CR= 0.026781	

Ek Tablo 5. Orman Alanı UDA Analizi Uzman 5

	Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	Toprak Derinliği	Sınırlayıcı Toprak Özelliği	Drenaj	Erozyon	Eğim	Baki	Yağış	Yükselik			
Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	1.00	0.13	0.20	0.2	0.25	0.30	2.00	0.50	0.50	A Matrisi		
Toprak Derinliği	8.00	1.00	3.00	2	4.00	5.00	8.00	6.00	7.00			
Sınırlayıcı Toprak Özelliği	5.00	0.33	1.00	0.50	2.00	2.00	5.00	3.00	4.00			
Drenaj	6.00	0.50	2.00	1	2.00	3.00	7.00	4.00	5.00			
Erozyon	4.00	0.25	0.50	0.50	1.00	2.00	4.00	2.00	3.00			
Eğim	3.00	0.20	0.50	0.33	0.50	1.00	3.00	2.00	2.00			
Baki	0.50	0.13	0.20	0.14	0.25	0.30	1.00	0.50	0.50			
Yağış	2.00	0.17	0.33	0.25	0.50	0.50	2.00	1.00	2.00			
Yükselik	2.00	0.14	0.25	0.20	0.33	0.50	2.00	0.50	1.00			
	31.50	2.64	7.96	5	10.83	14.62	34.00	19.50	25.00			
										ÖNEM DEĞERİ		
Arazi Kullanım Yetenek Sınıfı	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.03	0.03	0.03	0.284909	9.036309
Toprak Derinliği	0.25	0.35	0.36	0.39	0.37	0.34	0.24	0.31	0.28	0.32	3.022946	9.357861
Sınırlayıcı Toprak Özelliği	0.16	0.12	0.13	0.10	0.18	0.14	0.15	0.15	0.16	0.14	1.326259	9.315765
Drenaj	0.19	0.18	0.25	0.20	0.18	0.20	0.21	0.21	0.20	0.20	1.877337	9.317312
Erozyon	0.13	0.09	0.06	0.10	0.09	0.14	0.12	0.10	0.12	0.10	0.970473	9.246384
Eğim	0.19	0.07	0.06	0.07	0.06	0.07	0.09	0.10	0.08	0.08	0.693314	9.186678
Baki	0.02	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	0.238369	E= 9.175797
Yağış	0.06	0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06	0.05	D= 0.493606	9.19174
Yükselik	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.04	0.378117	9.107595
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Lambda= 9.216413	
											C= 0.027052	R=1.45
											CR= 0.018656	

C Matrisi

W Matrisi