

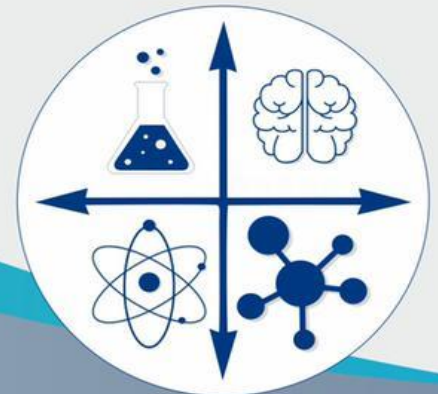


Cilt/Volume: 02 Sayı/Number: 02 Yıl/Year: 2020 E-ISSN: 2667-7989

NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
**FEN ve MÜHENDİSLİK  
BİLİMLERİ DERGİSİ**

Necmettin Erbakan University  
Journal of Science and  
Engineering

[dergipark.gov.tr/neufmbd](http://dergipark.gov.tr/neufmbd)



NEU  
PRESS

[www.erbakan.edu.tr](http://www.erbakan.edu.tr)

**NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ FEN VE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ DERGİSİ**  
**NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING**

**Cilt/Volume: 2, Sayı/Issue: 2, (Aralık/December, 2020)**

Ulusal Hakemli Dergi/National Referred Journal

**Sahibi/Owner**

Necmettin Erbakan Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü Adına/  
*On Behalf of Necmettin Erbakan University Graduate School of Natural and Applied Science*  
Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

**Baş Editör/Editor-in-Chief**

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN

**Yardımcı Editör/Associate Editor**

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ERCİ (*Asst. Prof., Ph.D.*)

**Sayı Editörleri/Issue Editors**

Doç. Dr. Salih ALÇAY (*Assc. Prof., Ph.D.*)

Dr. Öğr. Üyesi Fatih ERCİ (*Asst. Prof., Ph.D.*)

Arş. Gör. Behiç Selman ERDOĞDU (*Res. Asst.*)

Arş. Gör. Canan SEVİNÇ (*Res. Asst.*)

**Yayın Türü/Publication Type**

Yerel Süreli Yayın/Local Periodical

**Yazışma Adresi/Correspondence Address**

Necmettin Erbakan Üniversitesi/Ahmet Keleşoğlu Yerleşkesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, A3 Blok, 42090, Meram, KONYA

**Telefon/Phone:** +90 (332) 323 8220

**web:** [www.dergipark.gov.tr/neufmbd](http://www.dergipark.gov.tr/neufmbd)

**e-posta/e-mail:** [neufmbd@erbakan.edu.tr](mailto:neufmbd@erbakan.edu.tr)

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, yılda iki kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir.  
*Necmettin Erbakan University Journal of Science and Engineering is a national bi-annual journal.*

**E-ISSN: 2667-7989**

## İÇİNDEKİLER/CONTENTS

---

<b>Yapılaşmış Alanlarda İnsansız Hava Araçları ile Eğik Resim Fotogrametrisi Uygulaması</b> <i>Oblique Photogrammetry Application and Accuracy Analysis with Unmanned Aerial Vehicles in Built Areas</i>	<b>Araştırma Makalesi</b> <i>Research Article</i>	<b>1-11</b>
Varlık, Abdullah; Erdönmez, Mehmet.		
<b>Konut Seçimi Sürecinin AHP Temelli TOPSIS Yöntemi İle Analizi</b> <i>Analysis of House Selection Process with AHP Based TOPSIS Method</i>	<b>Araştırma Makalesi</b> <i>Research Article</i>	<b>12-21</b>
Alkan, Tansu; Durduran, Süleyman Savaş.		
<b>Pseudo 2- Çaprazlanmış Modüller ve Pseudo 3- Çaprazlanmış Modüller</b> <i>Pseudo 2- Crossed Modules and Pseudo 3- Crossed Modules</i>	<b>Araştırma Makalesi</b> <i>Research Article</i>	<b>22-37</b>
Pak, Sedat; Gürmen Alansal, Özgün; Cesur, Uğur.		
<b>GLONASS'ın Kısa Bir Bazda (5 Km) Ağ Bazlı RTK Tekniklerine (VRS, FKP, MAC) Etkisi</b> <i>The Effect of GLONASS on Network Based RTK Techniques (VRS, FKP, MAC) on a Short Baseline (5 Km)</i>	<b>Araştırma Makalesi</b> <i>Research Article</i>	<b>38-51</b>
Yurdakul, Ömer; Kalaycı, İbrahim.		
<b>Kronik Böbrek Yetmezliği Hastalarında Renal ve Tiroid Fonksiyon Testlerinin Değerlendirilmesi</b> <i>Evaluation of Renal and Thyroid Function Tests in Chronic Renal Failure Patients</i>	<b>Araştırma Makalesi</b> <i>Research Article</i>	<b>52-57</b>
Yöntem, Mustafa; Erbil, Birgül Gülşah; Erdoğan, Behiç Selman.		

---

**YAYIN KURULU/EDITORIAL BOARD**

Prof. Dr. Ahmet AVCI  
Prof. Dr. Ali KAHRAMAN  
Prof. Dr. Aşır GENÇ  
Prof. Dr. Haluk BİNGÖL  
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ  
Prof. Dr. İbrahim KALAYCI  
Prof. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ  
Prof. Dr. Mehmet AKTAN  
Prof. Dr. Mesut UYANER  
Prof. Dr. Sabri ALPAYDIN  
Prof. Dr. Senar AYDIN  
Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN  
Prof. Dr. Ümmügülsüm DAĞLIOĞLU  
Doç. Dr. Ahmet CAN  
Doç. Dr. Ceyda ÖZFİDAN KONAKÇI  
Doç. Dr. Esra YILDIZ  
Doç. Dr. Hasan KOTAN  
Doç. Dr. Hicran AÇIKEL  
Doç. Dr. İlhan İLHAN  
Doç. Dr. Mehmet HACİBEYOĞLU  
Doç. Dr. Mustafa YÖNTEM  
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ  
Doç. Dr. Sedat PAK  
Dr. Öğr. Üyesi Fatih ERCİ  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali AKYÜREK  
Dr. Öğr. Üyesi Özgür DÜNDAR

**DANIŞMA KURULU/ADVISORY BOARD**

Prof. Dr. Adem ACIR	Gazi Üniversitesi/ <i>Gazi University</i>
Prof. Dr. Ahmet TÜRK	Celal Bayar Üniversitesi/ <i>Celal Bayar University</i>
Prof. Dr. Ali UZUN	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Prof. Dr. Ayhan İSTANBULLU	Balıkesir Üniversitesi/ <i>Balikesir University</i>
Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI	Yıldız Teknik Üniversitesi/ <i>Yıldız Technical University</i>
Prof. Dr. Elçin YUSUFOĞLU	Uşak Üniversitesi/ <i>Uşak University</i>
Prof. Dr. Erdal ULUALAN	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Prof. Dr. Hatem AKBULUT	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Prof. Dr. Hayri DAYIOĞLU	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Prof. Dr. Hüseyin KURT	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Prof. Dr. İlker AKÇA	Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi/ <i>Eskisehir Osman Gazi University</i>
Prof. Dr. Mehmet KARALI	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Prof. Dr. Metin BÜLBÜL	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU	İstanbul Teknik Üniversitesi/ <i>Istanbul Technical University</i>
Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY	Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi/ <i>Mehmet Akif Ersoy University</i>
Prof. Dr. Rahmi ÜNAL	Gazi Üniversitesi/ <i>Gazi University</i>
Prof. Dr. Ramazan KÖSE	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Prof. Dr. Recep ARTIR	Marmara Üniversitesi/ <i>Marmara University</i>
Prof. Dr. Sabri KOÇER	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Prof. Dr. Salih Zeki YILDIZ	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Prof. Dr. Süleyman KALELİ	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Prof. Dr. Hidayet OĞUZ	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Prof. Dr. Cüneyt Nadir SOLAK	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Prof. Dr. Hüseyin AKSOY	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Prof. Dr. Mehmet Akif ERİŞMİŞ	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Doç. Dr. Ahmet Turgut BİLGİÇLİ	Sakarya Üniversitesi/ <i>Sakarya University</i>
Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK	Yıldız Teknik Üniversitesi/ <i>Yıldız Technical University</i>
Doç. Dr. Hakan TONGAL	Süleyman Demirel Üniversitesi/ <i>Suleyman Demirel University</i>
Doç. Dr. Halef DİZLEK	Osmaniye Korkut Atay Üniversitesi/ <i>Osmaniye Korkut Atay University</i>
Doç. Dr. Mustafa Kürşat DEMİR	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>
Doç. Dr. Yakup ŞENYÜZ	Dumlupınar Üniversitesi/ <i>Dumlupınar University</i>
Dr. Öğr. Üyesi Fatih TOKSOY	İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü/ <i>Izmir Institute of Technology</i>
Dr. Öğr. Üyesi Sedef ŞENDOĞDU	Necmettin Erbakan Üniversitesi/ <i>Necmettin Erbakan University</i>

# Yapılaşmış Alanlarda İnsansız Hava Araçları ile Eğik Resim Fotogrametrisi Uygulaması

Abdullah VARLIK <sup>1</sup>  Mehmet ERDÖNMEZ <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author*)

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye

## Makale Bilgileri

## ÖZET

### Makale Geçmişi

**Geliş:** 02.11.2020

**Kabul:** 03.12.2020

**Yayın:** 31.12.2020

### Anahtar Kelimeler:

İHA fotogrametrisi, Eğik resim fotogrametrisi, İnsansız hava aracı (İHA), Ortofoto, Sayısal yüzey modeli (SYM).

Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak gelişen görüntüleme aygıtları yeryüzünün haritalanmasına çeşitlilik ve zenginlik katmıştır. Eş zamanlı farklı açılardan çekilen hava görüntüleri sıklıkla kullanılan düşey hava görüntülerine çok kuvvetli bir alternatif oluşturmuştur. Bu yöntemle oluşturulan veriler fotogrametrik haritalamada çok daha yeni ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Son zamanlarda, yeni bir taşıyıcı platform olan insansız hava araçları (İHA), özellikle küçük alanları içeren çalışmalarda hızlı, hassas, düşük maliyetli ve tekrarlı ölçü elde etme özelliklerinden dolayı birçok çalışmada tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada insansız hava aracı yardımıyla yapılaşmış alanlarda eğik resim fotogrametrisi üzerine bir uygulama yapılmıştır. Tek kameralı insansız hava aracı ile uçuş yapılarak çalışma alanına ait eğik görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler fotogrametrik olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu test alanının nokta bulutu, Ortofoto görüntüsü, SYM (sayısal yüzey modeli) üretilmiş, 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiş, üretilen verilerin nasıl oluşturulacağı, kullanılabilirliği ve uygunluğu analiz edilmiştir. Sonuçlar, İnsansız Hava Aracı ile eğik resim çekimi ile üretilen ürünlerin cm düzeyinde doğruluk sağlayabildiğini göstermektedir. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle CBS veri tabanı ile entegrasyon ve CBS verilerininin 3 Boyutlu olarak görüntülenmesi, binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

## Oblique Photogrammetry Application and Accuracy Analysis with Unmanned Aerial Vehicles in Built Areas

## Article Info

## ABSTRACT

### Article History

**Received:** 02.11.2020

**Accepted:** 03.12.2020

**Published:** 31.12.2020

### Keywords:

UAV photogrammetry, Oblique photogrammetry, Unmanned aerial vehicle (UAV), Orthophoto, Digital surface model (DSM).

Imaging devices that have developed in line with the development of technology have added diversity and richness to the mapping of the earth. Aerial images taken simultaneously from different angles have provided a very powerful alternative to commonly used vertical aerial images. The data generated by this method has led to much newer products in photogrammetric mapping. Recently, unmanned aerial vehicles (UAV), which is a new carrier platform, have started to be preferred in many studies due to their fast, accurate, low cost and repetitive measurement properties, especially in studies involving small areas. In this study, an application was made on oblique photogrammetry in built-up areas with the help of unmanned aerial vehicles. Oblique views of the study area were obtained by flying with a single camera unmanned aerial vehicle. The images obtained were evaluated photogrammetrically. As a result of the evaluation, the point cloud of the test area, orthophoto view, DSM (digital surface model) was produced, a 3D city model design was realized, how the produced data would be created, its usability and suitability were analyzed. The results show that the products produced by oblique image shooting with Unmanned Aerial Vehicle can provide cm level accuracy. As a result of the findings, it has been observed that oblique images provide great advantages in the creation of three-dimensional city models, especially since they allow the integration with the GIS database and the 3D display of the GIS data and the evaluation of the buildings with their surroundings and facades.



**Atf/Citation:** Varlık, A.; Erdönmez, M. (2020). Yapılaşmış Alanlarda İnsansız Hava Araçları ile Eğik Resim Fotogrametrisi Uygulaması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1-11.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"



## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yeryüzünün olabildiğince gerçekçi temsil edilebileceği görselleştirme araçlarının geliştirilmesi, tarih boyunca geomatik bilim insanlarına görev olarak yüklenmiştir [1]. Yerleşim yeri merkezlerinin sürekli büyümesi, nüfusun ve trafikteki araç sayısının artması, çarpık kentleşme, toplum güvenliği gibi sorunlara paralel olarak kentlerin yönetimi karmaşıklaşmış ve profesyonel çözümler üreten yerel yönetimlere gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaçlardan yola çıkarak son zamanlarda pek çok bilim insanı ve şirket 3 Boyutlu kent modeli oluşturma ve sunma konularında çalışmaya başlamıştır [5].

Günümüzde teknoloji alanındaki gelişmeler, fotogrametrik algılayıcılarda, kayıt ünitelerinde ve görüntü işleme donanımlarında da yeni imkânlar sağlamıştır. Fotogrametrik kameralara eğik algılayıcılar eklenerek objelerin farklı açılardan görüntülenmesi sağlanmış, kayıt ünitelerindeki gelişmeler sayesinde anlık görüntü alım kapasitesi arttırılmış ve yazılımlardaki güncellemeler sayesinde fotogrametri alanında üretim yelpazesi genişletilmiştir [6]. Üretimde kullanılan verilerin çeşitlilikleri, kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak amacı ile geliştirilen yazılımlar ve donanımlar, sonuç ürünler, eğik resim Fotogrametrisinin kullanım alanlarını her geçen gün daha da genişletmektedir [2].

Çalışmada İHA (İnsansız Hava Araçları) ile çekilen eğik görüntüler kullanılarak seçilen bir test alanının nokta bulutu, Ortofoto görüntüsü, sayısal yüzey modeli üretilmiş, 3 boyutlu bir kent modeli tasarımı gerçekleştirilmiş ve çeşitli analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular neticesinde eğik görüntülerin özellikle CBS veri tabanı ile entegrasyon ve CBS verilerinin 3B olarak görüntülenmesi, binaların çevreleri ve cepheleri ile değerlendirilmelerine imkân sağlamaları nedeniyle üç boyutlu şehir modellerinin oluşturulmasında büyük avantajlar sağladığı görülmüştür.

## MATERYAL VE METOD (MATERIAL AND METHODS)

İHA Fotogrametrisi, İHA kullanılarak hava fotoğraflarının elde edildiği bir fotogrametrik veri üretim yöntemidir. İHA'lar genel olarak dijital kamera, GPS/IMU ve mevcut ise lazer tarama verileri kullanılarak bir nesne ya da yüzeyin uzaklığını ölçen aktif algılama sensörü olan LiDAR entegrasyonundan oluşan bir platformdur [8]. İHA platformu ile fotogrametrik veri üretimi, klasik Fotogrametride olduğu gibi temel yöntem olan merkezsel izdüşüme dayanmaktadır. Merkezsel izdüşüm arazi üzerindeki objeden gelen ışınların bir merkez olarak izdüşüm düzleminden geçirilmesi ile izdüşüm düzlemi üzerinde oluşturulan görüntünün matematiksel modelidir. Bu modele göre arazideki bir nokta, izdüşüm merkezi (projeksiyon merkezi) ve noktanın fotoğraftaki karşılığı aynı doğru üzerindedir. Bu koşula dayanılarak arazi ve fotoğraf noktaları arasında matematiksel bağıntılar geliştirilmiştir. Merkezsel izdüşüm denklemi ile iç yöneltme ve dış yöneltme yapılmaktadır. İç yöneltme ile piksel koordinat sisteminden görüntü koordinat sistemine geçilmektedir. Dış yöneltme ile görüntü koordinat sisteminden arazi koordinat sisteminde geçiş yapılmaktadır. Dış yöneltme iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama olan karşılıklı yöneltme, görüntü çiftlerinin birbiri ile eşleşmesiyle gerçekleşmektedir. İkinci aşama olan mutlak yöneltme ile ise eşleşmesi yapılan görüntü çiftlerinin 3B arazi koordinat sistemine aktarılması yapılmaktadır [4,7].

Veri toplama işleminin başarısı büyük ölçüde yapılacak uçuş planına bağlıdır. Uçuş planı hazırlanırken ilk belirlenmesi gereken işlem görüntü alımı işleminin ne kadar yüksekte gerçekleştirileceğinin belirlenmesidir. Burada uçuş yüksekliği belirlenirken kullanılacak kameranın hangi yükseklikten kaç santimetre Yer Örneklem Aralığına (YÖA) sahip görüntü aldığı ve çalışılacak projenin ne kadar konumsal çözünürlüğe sahip veriye ihtiyaç duyduğunun belirlenmesi oldukça önemlidir. Uçuş planlama yazılımı kullanılarak uçuş yüksekliği, bindirme oranları, uçuş hızı ve görüntüleme alanının tanımlandığı uçuş planı hazırlanır.

Çekilen görüntülerin koordinatlandırma işlemleri için çalışma alanını kaplayacak ve homojen

şekilde dağılmış yer kontrol noktaları (YKN) tesis edilmektedir. YKN' ler GNSS alıcıları ile ölçülmektedir. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği' ne göre YKN ölçümü standart sapması  $\pm 2$  cm'dir [9].

İHA veri toplama aşamasında görüntüler uçuş planı doğrultusunda elde edilmektedir. İHA ile fotoğraf çekimi gerçekleşirken sistemin üzerine monte edilmiş GPS/IMU sensörleri sayesinde görüntülerin çekim anındaki konumları ve dönüklükleri kaydedilir. Verilerin fotogrametrik değerlendirme yazılımına aktarılır ve referans koordinat sistemi tanımlanır. Kamera kalibrasyon parametreleri ve görüntülerin elde edilmiş anındaki kamera koordinat ve dönüklük bilgileri sisteme aktarılır ve görüntülerin yönlendirilmesi yapılır. İlk olarak görüntülerin hizalanması gerçekleştirilir. Hizalama sırasında görüntü üzerinde otomatik olarak seçilen anahtar noktalar kullanarak ve rastgele seçilen obje uzayında eşleşen noktalardan yararlanılır. Bu eşleştirme işlemiyle iç yönlendirme elemanları (kamera kalibrasyon bilgileri, distorsiyon hataları vs.) ve dış kamera yönlendirme parametreleri için yaklaşık değerler oluşturur.

Önce kamera konumu, istenirse her bir poz durumu için ayrı kamera bilinmeyenleri (fiziksel büyüklükle) belirlenmekte ardından da iteratif ve hiyerarşik bir yaklaşımla seyrek nokta bulutları hesaplanmakta, daha sonra da bunların uyuşturulması ve bütünleştirilmesi ışın demeti dengelemesi ile yapılmaktadır. Bu aşama, İHA fotogrametrisinde, en öncelikli aşamadır, burada elde edilen kamera parametreleri kullanılarak sonraki aşamalarda her bir piksel (grid) için yoğun nokta bulutu oluşturulur.

Önceki aşamalarda rastgele tanımlı bir referans sistemi ile gerçekleştirilen hesaplama ve parametre tahminine dayanarak oluşturulan seyrek nokta bulutu, obje uzayında tanımlı bir küme referans nokta (Yer kontrol noktası kümesi) ile seçilen 7 parametrelilik benzerlik transformasyonu kullanılarak doğrusal olarak dönüştürülür (çeviri için 3 parametre, döndürme için 3 ve ölçeklendirme için 1). Tahmin edilen kamera konumlarına dayanarak, her kamera için derinlik bilgisini tek bir yoğun nokta bulutu içinde birleştirilecek şekilde hesaplanır. LIDAR nokta bulutlarından, daha yoğun olmasa da, hemen hemen aynı yoğunluğa sahip ekstra yoğun nokta bulutları üretilebilir. Tahmin edilen kamera konumları, yoğun nokta bulutu kullanılarak hedef referans sisteminde, sayısal yüzey modeli ve Ortofoto oluşturulmaktadır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği' ne göre yer örnekleme aralığı 1/1000 ölçekli ortofoto haritalar için 10 cm'nin; SYM için 10 cm'nin altında olması gerekmektedir [9]. Şekil 1'de İHA ile fotogrametrik veri üretim işlemleri iş akış diyagramı olarak verilmiştir.

Eğik Resim Fotogrametrisi, geleneksel düşey hava görüntülerinin, yüksek açılardan elde edilen eğik görüntüler (Şekil 2) ile birleştirildiği ve eğik görüntülerden alınan doku verisinin giydirilerek 3B şehir modellerinin elde edildiği bir yöntemdir [3]. Eğik resim fotogrametrisini klasik fotogrametriden ayıran en büyük fark görüntü alımında kullanılan algılayıcıların sayısı ve konumlanış şeklidir. Eğik resim kameralarını algılayıcı sayılarına göre tekli, ikili, üçlü, dördü, beşli ve altılı olarak sınıflandırmak mümkündür.

## UYGULAMA (APPLICATION)

### Çalışma Alanı ve Sistem Özellikleri (Working Area and System Properties)

Test alanı olarak Konya'nın Meram ilçesinde yapılaşmış, yapıların bahçe sınırları ve bahçelerdeki ağaçların yoğun olduğu kısmı tercih edilmiştir. Çalışma alanımız 370 86' 84.01" -370 87' 18.31" Kuzey enlemleri ile 320 42' 26.40" -320 42' 51.43" Doğu boylamları arasında kalan kısımdır. Test alanı 7,5 hektar olup, kenar ölçüleri 234 m x 332 m büyüklüğündedir. Çalışma alanına ait genel bir Google Earth görüntüsü şekil 3 de verilmiştir.

Çalışmada otonom uçuş özelliğine sahip Dji Phantom 3 Pro insansız hava aracı kullanılmıştır. Hazırlanan uçuş planlarına göre uçuş otomatik olarak gerçekleştirilmiş ve çalışma alanına ait fotoğraflar

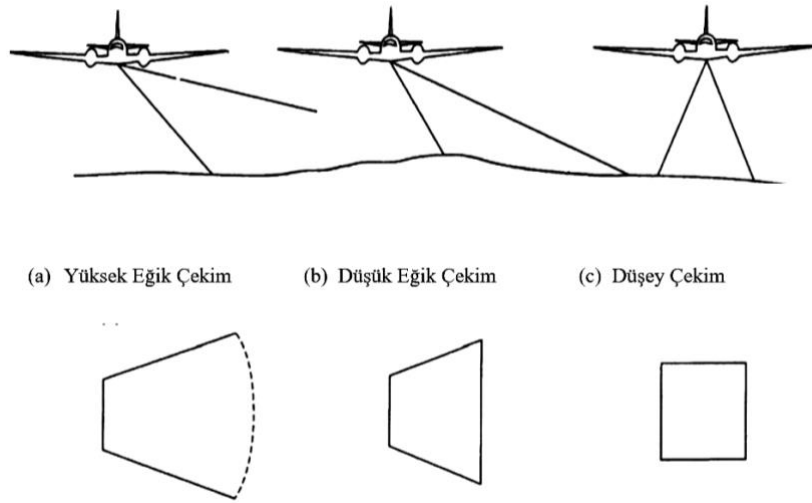




Şekil 1. İHA ile fotogrametrik veri üretimi iş akışı

çekilmiştir. Araçta bulunan dahili GPS alıcısının konum doğruluk aralığı yatayda  $\pm 1,5$  m, düşeyde  $\pm 0,5$  m'dir. Fotoğraf çekim işlemi kamera kalibrasyonu yapılmış olan 12.4 MP çözünürlüklü FC 300 X isimli dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon parametrelerini içeren kalibrasyon raporu oluşturulmuş ve iç yönelme elemanlarını gösteren kamera kalibrasyon dosyası hazırlanmıştır (Tablo 1).

Çekilen görüntülerin georeferanslama işlemleri için çalışma alanını tamamen kaplayacak ve eşit şekilde dağılmış 45 adet YKN tesis edilmiştir. Koordinatlandırma işlemi Stonex firması tarafından üretilen GNSS alıcısı ile UTM projeksiyonunda ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005.0 epok, 3 derece bölge 33 (EPSG:5256), TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde ölçülmüştür.



Şekil 2. Eğik ve Düşey Hava Fotoğrafları



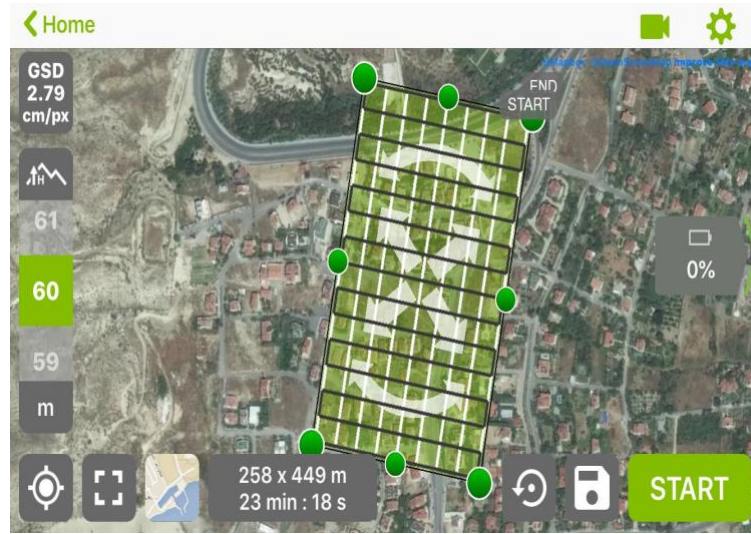
Şekil 3. Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü

Tablo 1. FC 300 X dijital kameranın iç yöneltme elemanları

Odak Uzaklığı (mm)	3.61	Piksel Büyüklüğü ( $\mu\text{m}$ )	1.56 x1.56
Kamera Tipi	Çerçeve	cx	9.4579
f	2312.135	cy	4.90995
k1	0.0030357	b1	1.86278
k2	-.0581518	b2	-1.8935
k3	0.0947856	b3	0.000207262
k4	-.0426652	b4	0.000639072

İnsansız hava aracı ile arazi ölçümüne geçmeden önce uçuş alanı, hava şartları ve uçuş güvenliği dikkate alınmıştır. Uçuş planları için Pix4D Capture yazılımı kullanılmıştır. Eğik resim fotogrametrisi gerçekleştirilebilmesi için double grid uçuş planı kullanılmış ve kamera çekim açısı 60 derece olarak ayarlanmıştır (Şekil 4). Çekilen görüntülerde fotoğraf yürümelerinden kaçınmak adına uçuş hızı 5m/sn olarak tercih edilmiştir. Daha sonra diğer parametreler olan uçuş yüksekliği 60 m ve bindirme oranları enine %90,

boyuna %70 olarak ayarlanmıştır. Test alanının tamamını kapsayan uçuş işlemi yaklaşık olarak 25 dakikada tamamlanmış ve toplam 274 adet eğik görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4. Eğik resim alımı için uçuş planı örneği

Fotogrametrik ürünler SFM algoritmasına sahip ticari yazılım Agisoft Photoscan ile üretilmiştir. İlk olarak arazide tesis edilen 45 adet kontrol noktası görüntülerde işaretlenmiş, 30 adeti yer kontrol noktası (YKN), 15 adeti de denetim noktası olarak seçilmiş ve dengelemede kullanılmıştır Şekil (5).



Şekil 5. Kullanılan kontrol noktalarının araziye dağılımları

Fotogrametrik nirengi sonuçlarının değerlendirilmesinde elde edilen Yer Kontrol Noktalarının ve Denetim noktalarının karesel ortalama hata (RMSE) değerleri ve yönetmelikteki sınır değerler Tablo 2'de verilmiştir.

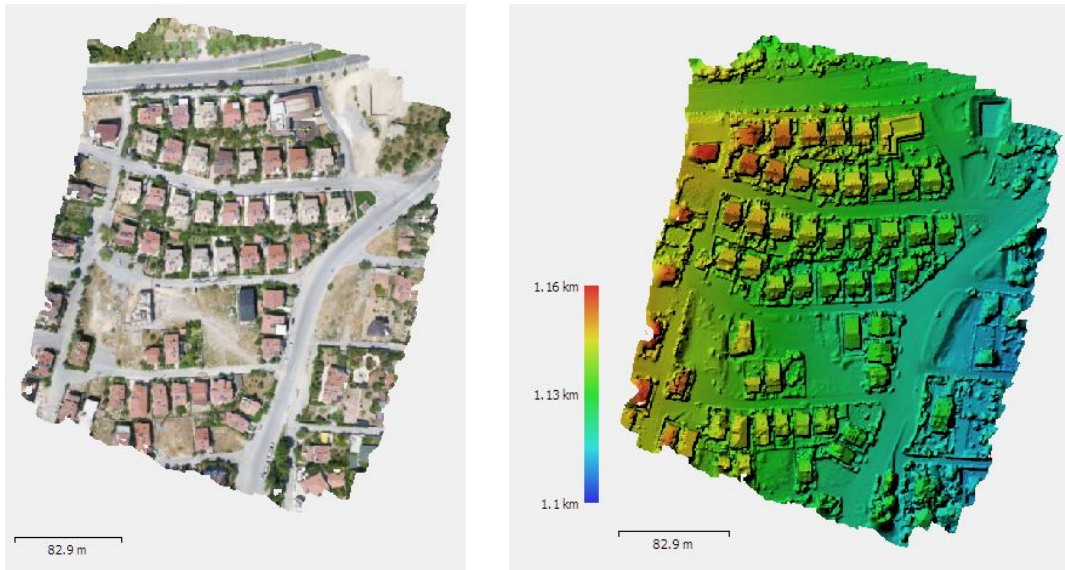
Yazılım ile görüntülerin işlenmesi sonucunda Nokta bulutu (Şekil 6), sayısal yüzey modeli ve Ortofoto-mozaik (Şekil 7) üretilmiştir.

Vektörel veriler Nectad yazılımında Ortofoto görüntülerin 2 boyutlu sayısallaştırılması ile elde edilmiştir. Çizim işlemleri yapılırken bölgede bulunan tüm görülebilen ayrıntıların (Binalar ve sündürmeler, bahçe duvarları, yol-kaldırım kenarları, üstü kapalı otoparklar vb.) sayısallaştırılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 8).



**Tablo 2.** Yer Kontrol Noktalarının (YKN) ve Denetim noktalarının (DN) karesel ortalama hata (KOH) değerleri ve yönetmelikteki değerleri

İşlem Bilgisi	Kullanılan Nokta	KOH X (cm)	KOH Y (cm)	KOH Z (cm)	YÖA (cm/piksel)
Dengeleme Sonucu	YKN	1.9	2.01	2.51	2.8
	DN	2.85	3.04	3.15	2.8
Yönetmelik Değerleri	YKN	2.1	2.1	2.8	2.8
	DN	4.2	4.2	5.6	2.8

**Şekil 6.** Yoğun Nokta Bulutu görüntüsü**Şekil 7.** Sayısal Yüzey Modeli Ortofoto Görüntü

Üretilen vektörel verilerin doğruluğunun araştırılması için 2006 yılında üretimi gerçekleştirilmiş halihazır harita verisi karşılaştırılmıştır. Referans vektör veri olarak kabul etmiş olduğumuz halihazır harita ile ortofoto görüntülerimiz arasında karşılaştırılma yapılabilmesi için ortak obje olarak bina kenar uzunlukları, tretuvar genişlikleri, kullanılmıştır (Şekil 9). Ölçüler ile ortofoto haritalar üzerinde objelerin uzunlukları ölçülerek kıyaslama işlemleri yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hem vektör harita hem de raster veri üzerinde aynı objelerin uzunlukları ölçülmüştür. Yatay mesafe ölçüsü çizgi uzunluğu olarak Tablo 3 de gösterilmiştir.



Şekil 8. Üretilen Ortofoto Harita ve 2006 yılında üretilen Halihazır Harita görüntüsü



Şekil 9. Raster veri ve Vektör verinin üst üste çakıştırılmış gösterimi

Ortofoto üzerindeki kenarlar ile Halihazır harita üzerinden elde edilen uzunluklar karşılaştırıldığında en büyük fark 8 cm çıkmıştır. Tablo 3 üzerindeki karşılaştırmadan da anlaşılacağı raster veri üzerinden elde edilen uzunluklar ile ortofoto üzerinden elde edilen uzunluk değerlerinin ise 2-8 cm farklılıkta olduğu tespit edilmiştir. Harita Yapım yönetmeliğine göre detay ölçmelerinde cephe kontrolü  $d=0.05+0.001.S$  eşitliği ile bulunan değerden fazla olamaz.

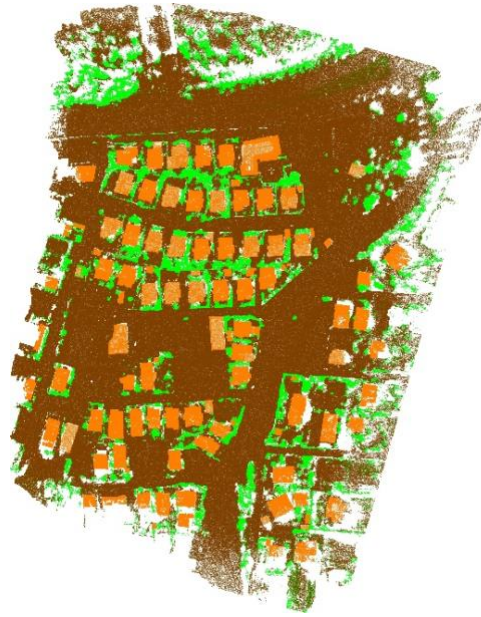
Nokta bulutu verileri Global Mapper yazılımı kullanılarak, yapılar, ağaçlık alanlar ve yer yüzeyi için farklı nokta sınıfları oluşturulmuştur. Bu sınıflandırılmış verilerin içerisinde gürültülü noktalar ayıklanmıştır. Oluşturulan bu sınıflandırma üzerinden orijinal renkler dikkate alınarak küçük düzeltmeler yapılarak çalışma bölgesine ait genel bir sınıflandırma verisi elde edilmiştir (Şekil 10).

Nokta bulutu verileri Autodesk ReCap yazılımı kullanılarak test alanı içinde seçilen bir binanın röleve çizimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 11). Oluşturulan cephe röleve çizimleri ölçekli ve koordinatlı olduğundan üzerinden istenilen şekilde ölçümlendirme yapılabilmektedir.



**Tablo 3.** Ortofoto ve Harita üzerinden okunan kenar uzunlukların karşılaştırılması ve yönetmelik değerleri

Çizgi No	Harita Üzerindeki Uzunluk (m)	Ortofoto Üzerindeki uzunluk (m)	$\Delta l$ (m)	Yönetmelik Değeri (d=0.05+0.001.S)
1	6,00	6,05	-0,05	0.056
2	8,28	8,26	0,02	0.058
3	22,20	22,27	-0,07	0.072
4	7,04	6,99	0,05	0.057
5	2,16	2,11	0,05	0.052
6	2,08	2,05	0,03	0.052

**Şekil 10.** Binalar, Ağaçlar ve Yeryüzü ayrımının yapıldığı sınıflandırma verisi

Röleve çizimlerinin yanında nokta bulutlarımız yardımıyla bina ve/veya sokak silüetleri de çıkarılabilmektedir (Şekil 12). Çalışmada belli bir doğrultuda bulunan 5-6 adet binanın silüetlerini çıkartma işlemlerini gerçekleştirilmiştir. Sokak silüetlerinin çıkartılmasında Global Mapper programından faydalanılmıştır.

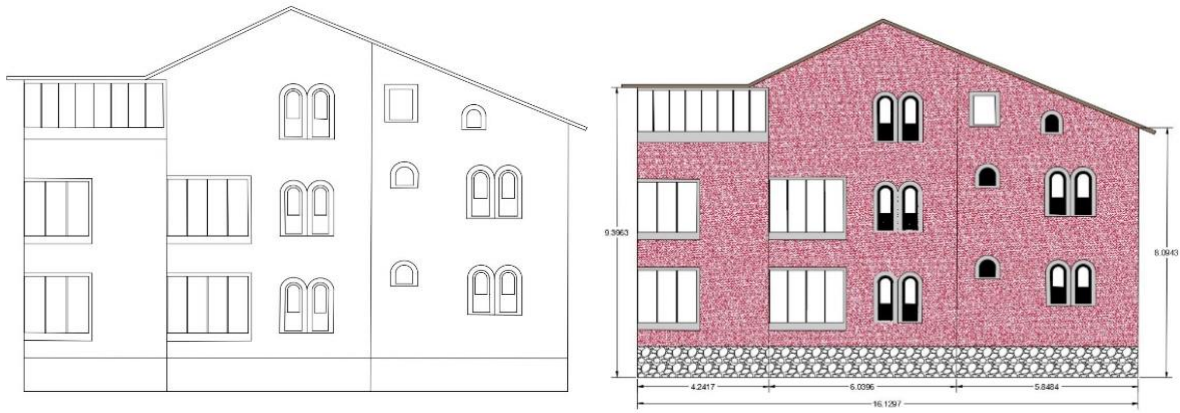
### TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

Hızlı nüfus artışının tetiklediği yoğun arazi kullanımı ve karmaşık şehir yapılarının inşası, araziye ait hak, kısıtlama ve sorumlulukların yönetiminin sağlanması ve gerçekleştirilebilmesi için 3B veriye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanmasında, eğik resim fotogrametrisi güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

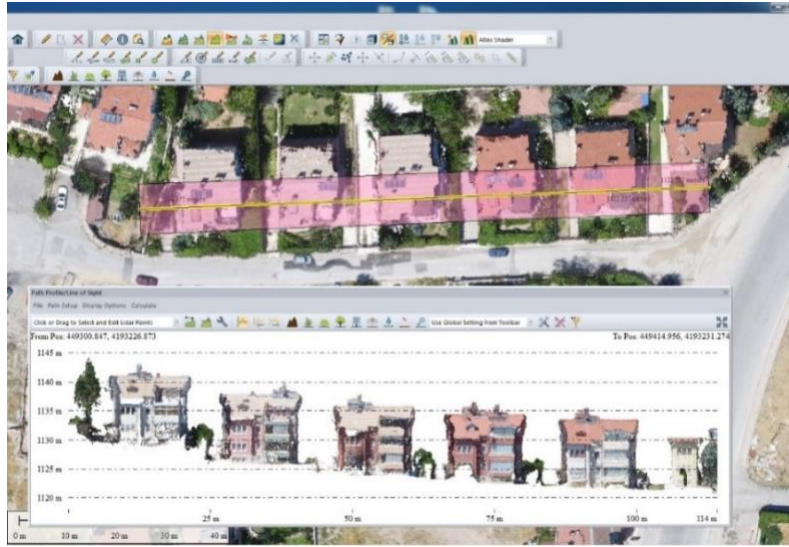
Çok geniş uygulama alanları bulunan eğik resim fotogrametrisi, sadece kadastral harita üretimi ve yönetiminde değil, vergi değerlendirmesi, kent ve altyapı planlaması, askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi ve kritik altyapı tesislerinin korunması gibi uygulamalarda da verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışmamız neticesinde Eğik resim fotogrametrisi ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Detayların iyi bir şekilde görüldüğü Büyük ölçekli haritalarda ihtiyaç duyulan küçük alanları içeren uygulamalar için uygundur. Bu alanlara yönelik büyük ölçekli sayısal haritalar insansız hava araçlarından elde edilen görüntülerin işlenmesi ile elde edilen Ortofoto görüntüler üzerinde yapılan sayısallaştırmalar sonucu elde edilebilmektedir. Test alanımızdaki bina yüzeylerinin net bir şekilde görülebildiği ve istenilen çizim işlemlerinin yapılabildiği anlaşılmıştır.





Şekil 11. Bina cephesinin röleve çizimi ve renklendirilmiş röleve görüntüsü



Şekil 12. Nokta bulutundan sokak siluet görüntüsü oluşturulması

- Bir bölgeye ait daha geniş görüş açısı gerekli olan işlerde eğik sistem tercih edilmelidir. Eğik fotogrametri de genel olarak 450 ve 600 derecelik açılar tercih edilmektedir. Bu açıların seçimi çalışılacak test alanına göre belirlenmelidir. Test alanı yüksek binaların bulunduğu bir bölge ise 600 ufku daha fazla gören açılar tercih edilmelidir.
- Yapıların tüm cephelerinin görüntülenmesi ve hassas ölçümleri gerçekleştirilmiştir.
- Bina cephelerinin görülmesine gerek olmayan veya geniş görüş özelliklerine ihtiyaç olmayan işlerde eğik resim fotogrametrisi tercih edilmemelidir. Neticede büroda meydana gelebilecek üretim sorunları ve fazla sistem gereksiniminin önüne geçilmelidir.
- Bina yan yüzeylerinin de görülerek modelleme yapılması neticesinde True Ortofoto (Doğru Ortofoto) üretimi için eğik resim Fotogrametrisi kullanılması doğru bir tercih olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yersel fotogrametri ile yapılabilen bazı (Binaların 3 boyutlu modellenmesi, cephe rölevellerinin çıkartılması, bina ve sokak silüetlerinin çıkartılması, bakış açısına göre kentsel silüet alımı vb.) işlerin artık eğik resim fotogrametrisi ile yapılabilirliği anlaşılmıştır.
- Eğik görüntüler ile üretilmiş nokta bulutlarından düşey ölçümler (Bina saçak yüksekliği, ağaç

yüksekliği, direk yüksekliği vb.) kolaylıkla yapılabilir.

- İstenilen bölgeden ve yükseklikten mevcut kentsel durumun görülmesi kolaylıkla yapılabilir.

Yapılan analizlerin sonucunda İHA'lar ile eğik resim alımının fotogrametrik veri üretimi için yüksek doğruluk sunma, kısa sürede veri elde edebilme, tekrarlı ölçü imkânı ile yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olma, düşük maliyet ile uygulama gerçekleştirme gibi avantajlara sahip olduğu, çalışma alanlarına ait 3B model kent ve arazi yönetimi için gerekli olan analizlerin yapılabildiği görülmüştür. Tüm bu avantajlar İHA ile eğik resim fotogrametrisini, diğer uzaktan algılama ve fotogrametri verisi elde etme platformlarından üstün kılmaktadır.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] R.Çömert, U. Avdan, E. Şenkal , İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, UZAL-CBS 2012*, Zonguldak.
- [2] E. Ayyıldız, Eğik Resim Fotogrametri İle Veri Üretimi, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS, 2016*, Adana.
- [3] B. Erkek, H. Ateş, E. Özer, S. Bakıcı, Oblik Fotogrametri Ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, TUFUAB 2013, Trabzon.
- [4] I. Özemir, M. Uzar, İha İle Fotogrametrik Veri Üretimi, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS 2016*, Adana.
- [5] M. Önder, T. Özerbil, E. Gökten, O. Selçuk, N. Çiftçi, A. Tekgül, E. Yılmaz, A. Tütüneken, Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik (Oblique) Görüntü Alımı, 3 Boyutlu Kent Modeli Ve 3 Boyutlu Kent Rehberi Projesi, *5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS, 2014*, İstanbul.
- [6] M. Gerke ,F. Remondino , Oblique Aerial Imagery – A Review, *Photogrammetric Week 2015*, Offenbach, Stuttgart.
- [7] M. Uzar , I. Özemir, İHA ile Fotogrametrik Veri Üretiminde Maliyet Analizi, *Harita Dergisi*, vol.85, no.161, 2019, ss.35 - 45.
- [8] H. Eisenbeiss, Positions und Orientierungsbestimmung eines autonomen Helikopters - Vergleich zwischen direkter Georeferenzierung und Aerotriangulation mit Videobilddaten. Diploma Thesis, *Institute for Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology, Dresden, Germany. (2003)*.
- [9] Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (2005). [http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/42\\_a58f0b7c9e0ab\\_ek.pdf](http://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/42_a58f0b7c9e0ab_ek.pdf) (Erişim 23 Mart 2018).

# Konut Seçimi Sürecinin AHP Temelli TOPSIS Yöntemi İle Analizi

Tansu ALKAN<sup>1</sup>  Süleyman Savaş DURDURAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author*)

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Konya, Türkiye

## Makale Bilgileri

**Makale Geçmişi**  
**Geliş:** 02.11.2020  
**Kabul:** 06.12.2020  
**Yayın:** 31.12.2020

**Anahtar Kelimeler:**  
Konut seçimi, AHP, TOPSIS.

## ÖZET

Geçmişten günümüze kadar farklı şekil ve özellikte konutlar inşa edilmiştir. Konutlar barınma ihtiyacını karşılamanın yanı sıra hem bir statü hem de bir yatırım aracı olarak görülmektedir. Konut seçimi insan hayatında nadir yapılan ve yüksek meblağlar ödenen bir seçimdir. Bu yüzden birey konut seçiminde en uygun seçimi yapmak istemektedir. Bu çalışma, emeklilik hayatını Muğla/Milas'ta geçirmek isteyen bir aile için en uygun konut seçimini ele almaktadır. Konut seçiminde birçok ölçüt ve seçenek olduğu için bu çok ölçütlü bir karar problemidir. Öncelikle konut seçiminde etkili olan ölçütler fiyat, kullanım alanı, yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, güneş alan cephe sayısı, ısıtma sistemi ve kent merkezine uzaklık olarak belirlenmiştir. Bu ölçütlerin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak önem dereceleri belirlenmiştir. AHP yöntemi ile ölçütlere ait ağırlıklar elde edilmiş ve bu ağırlıklar İdeal Çözüme Benzerliğine Göre Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) yönteminde kullanılarak seçenekler sıralanmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemleri sonucu beş farklı konut içerisinde en iyi tercihin birinci konut olduğu tespit edilmiştir. Böylece tercih edilecek konut seçenekleri arasından en uygun olanı matematiksel yöntemler kullanılarak tespit edilmiştir.

## Analysis of House Selection Process with AHP Based TOPSIS Method

### Article Info

**Article History**  
**Received:** 02.11.2020  
**Accepted:** 06.12.2020  
**Published:** 31.12.2020

### Keywords:

House selection, AHP, TOPSIS.

### ABSTRACT

Houses of different shapes and features have been built from past to present. Houses are seen as both a status and an investment tool as well as meeting the housing need. Housing selection is a rare choice in human life and high amounts are paid. Therefore, the individual wants to make the most appropriate choice in house selection. This study focuses on choosing the most suitable house for a family who wants to spend their retirement life in Muğla/Milas. This is a multi-criteria decision problem as there are many criteria and options in house selection. First of all, the criteria that are effective in the selection of house are determined as price, usage area, age, floor, number of rooms, number of sun-drenched, heating system and distance to the city center. The importance levels of these criteria were determined by using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The weights of the criteria were obtained with the AHP method and the options were listed using the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). As a result of AHP and TOPSIS methods, it was determined that the best choice among five different houses is the first house. Thus, the most suitable house option was determined using mathematical methods.



**Atıf/Citation:** Alkan, T.; Durduran, SS. (2020). Konut Seçimi Sürecinin AHP Temelli TOPSIS Yöntemi İle Analizi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 12-21.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)"

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

Konut, insanların barınma ihtiyacını gidererek yaşamlarına devam ettikleri ve nesillerini sürdürdükleri yaşam alanlarıdır. Barınma ve korunma amaçlı kullanılan konutlar zaman içerisinde sosyal, kültürel, ekonomik, teknolojik ve hukuki anlamda birçok değişikliğe uğramıştır [1]. Bu değişiklikler sonucu konut seçiminde bireysel istekler ve ekonomik sebeplerin yanı sıra toplumsal faktörlerde etkili olmaktadır. Bu durum konut seçiminde etkili olan birçok ölçütü beraberinde getirmektedir. Konut seçeneklerinin ve değerlendirme ölçütlerinin artması ile konut seçimi çok ölçütlü bir karar verme problemine dönüşmektedir.

Konut satın alırken büyük miktarda finansal kaynağa ihtiyaç duyulur. Bu yüzden konutun değerlendirildiği ölçütleri sayısal olarak ifade ederek matematiksel yöntemler ile en doğru seçimi yapmak mümkündür. Konut seçiminde etkili olan birçok ölçütün birlikte değerlendirilip en iyi çözümün bulunmasında çok ölçütlü karar verme yöntemleri kullanılabilir. Çok ölçütlü karar verme, birçok ölçütü birlikte değerlendiren ve seçeneklere değerler atayan bir süreçtir. Birçok ölçüt ve seçeneğin yer aldığı karar verme problemlerinde AHP yöntemi problemi etkileyen ölçütlerin değerlendirilmesinde, TOPSIS yöntemi ise seçeneklerin sıralanmasında kullanılabilir.

Literatürde konut seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Saaty [2], konutun büyüklüğü, ulaşım, muhit özellikleri, konutun yaşı, bahçe alanı, modern imkânlar, genel şartlar ve mevcut finansman olmak üzere sekiz ölçüt ve üç konut seçeneğini AHP ile değerlendirerek en uygun konut seçimini yapmıştır. Ball ve Srinivasan [3], konut seçimi ile ilgili yaptıkları çalışmada AHP yöntemini kullanmışlardır. Schniederjans vd. [4], en uygun konut seçimi kararını vermek için AHP yöntemini kullanan bir Hedef Programlama modeli sunmuşlardır. Bu modelde AHP ile elde edilen ağırlıklar Hedef Programlama modelinin amaç fonksiyonunda ağırlık katsayısı olarak kullanılmıştır. Kauko [5], işyerine yakınlık, ulaşım imkânları, konutun konumu, sosyal faktörler, çevre ve belediye politikaları gibi ölçütleri uzman görüşü ile değerlendirmiş ve ölçütleri AHP ile ağırlıklandırarak bir konut seçim çalışması yapmıştır. Timor [6], fiyat, büyüklük, oda sayısı, evin cephesi, malzeme kalitesi, bina yaşı ve genel görünüşü, depreme dayanıklılık, otopark imkânları ve konum/ulaşım kolaylığı olmak üzere dokuz ölçüt ve dört seçenek belirleyerek AHP yöntemi ile en uygun konut seçimini yapmıştır. Gürbüz [7], evin fiyatı, evin muhiti, evin büyüklüğü, binanın yaşı, evin iç özellikleri, evin kat durumu, otopark ve park alanı, güvenlik ve kapıcı ve evin güneş ışığı alan cephe sayısı olmak üzere dokuz ölçüt belirlemiştir. Bu ölçütleri AHP yöntemini kullanarak ağırlıklandırmış ve on beş seçenek içerisinde bir akademisyen için en uygun olan konutu belirlemiştir. İpek ve Şahin [1], konut seçimini etkileyen ölçütlerin ağırlıklandırılması için AHP, konut seçeneklerinin sıralanması için Gri İlişkisel Analiz yöntemini kullanmışlardır. Isparta ilinde yaşayan dört kişilik bir ailenin konut seçimi problemi için konutun fiziki özellikleri, fiyat, bina/site özellikleri, semt/ muhit algısı, sosyal alanlara uzaklık ve satıcı ana ölçütleri ile on beş seçenek ele alınmıştır.

Bu çalışmada, Muğla/Milas kentinde emeklilik hayatını devam ettirmek isteyen iki kişilik bir aile için en uygun konut seçimi AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konut seçimini etkileyen ölçütler fiyat, kullanım alanı, yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, güneş alan cephe sayısı, ısıtma sistemi ve kent merkezine uzaklıktır olarak belirlenmiştir. AHP yöntemi ile uzman görüşleri alınarak bu ölçütlere ait ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen ölçüt ağırlıkları TOPSIS yönteminde kullanılarak beş seçenekler sıralanmış ve en uygun seçenek belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde konutlara ait bilgiler ile AHP ve TOPSIS yöntemlerinin uygulama adımları verilmiştir. Üçüncü bölümde AHP ve TOPSIS yöntemleri ile elde edilen bulgular ve dördüncü bölümde sonuçlar yer almaktadır.

## MATERYAL VE METOT (MATERIALS AND METHODS)

### Materyal (Material)

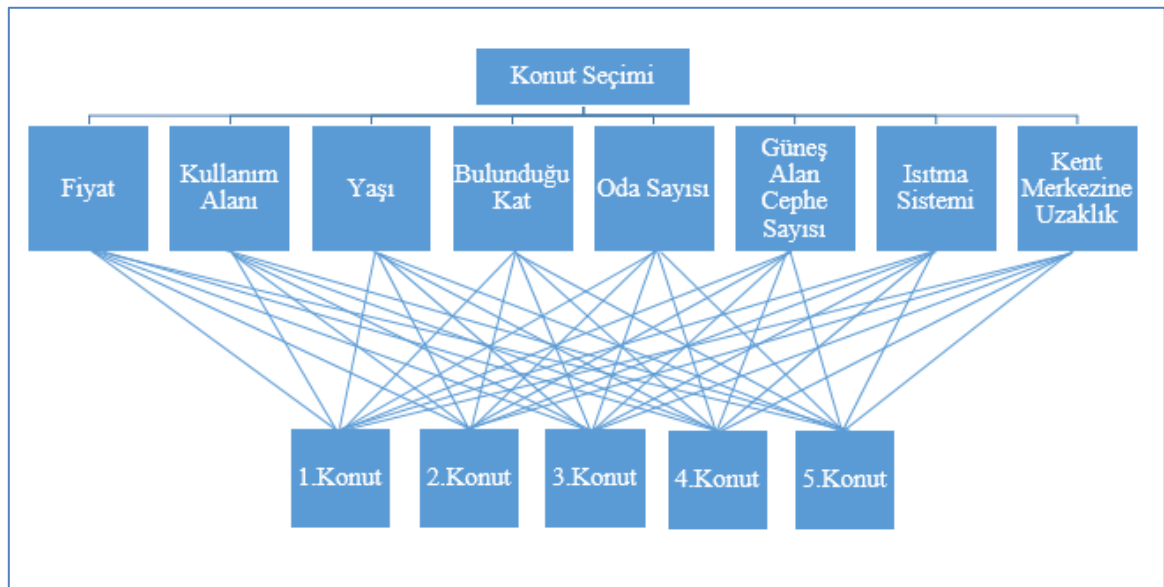
Emeklilik hayatını Milas'ta geçirmek isteyen iki kişilik bir aile için en uygun konut seçimi probleminde AHP temelli TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çok ölçütlü karar verme problemlerinde en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan AHP yöntemi kullanılarak konut seçimini etkileyen ölçütlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Bu ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak seçenekler sıralanmış ve en uygun seçenek belirlenmiştir.

Öncelikle konut seçiminde bireylerin göz önünde bulunduracağı ölçütler dikkate alınmıştır. Yapılan araştırma sonucu konut seçimini etkileyen sekiz ölçüt belirlenmiştir. Bunlar; fiyat, kullanım alanı, yaşı, bulunduğu kat, oda sayısı, güneş alan cephe sayısı, ısıtma sistemi ve kent merkezine uzaklıktır.

Konut seçiminde beş tane konut seçenek olarak belirlenmiştir. Bu konutlara ait özellikler ise şu şekildedir:

1. Konut: 530 bin TL fiyat, 130 m<sup>2</sup> kullanım alanı, 0 yaş, 2. kat, 3+1 oda sayısı, 3 güneş alan cephe sayısı, kaloriferli, kent merkezine diğer konutlara göre daha yakın bir konut.
2. Konut: 350 bin TL fiyat, 160 m<sup>2</sup> kullanım alanı, 4 yaş, 1. kat, 3+1 oda sayısı, 2 güneş alan cephe sayısı, kaloriferli, kent merkezine diğer konutlara göre daha uzak bir konut.
3. Konut: 425 bin TL fiyat, 125 m<sup>2</sup> kullanım alanı, 1 yaş, zemin kat, 2+1 oda sayısı, 2 güneş alan cephe sayısı, kaloriferli, kent merkezine diğer konutlara göre daha uzak bir konut.
4. Konut: 150 bin TL fiyat, 50 m<sup>2</sup> kullanım alanı, 6 yaş, 1. kat, 1+1 oda sayısı, 2 güneş alan cephe sayısı, sobalı, kent merkezine diğer konutlara göre orta uzaklıkta bir konut.
5. Konut: 300 bin TL fiyat, 120 m<sup>2</sup> kullanım alanı, 40 yaş, 3. kat, 2+1 oda sayısı, 4 güneş alan cephe sayısı, klimalı, kent merkezine diğer konutlara göre orta uzaklıkta bir konut.

Konut seçimi için hiyerarşik yapı Şekil 1'de verildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 1. Konut seçiminde hiyerarşik yapı



## Metot (Method)

Bu çalışmada çok ölçütlü karar problemlerinde kullanılan yöntemlerden AHP ve TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. AHP ve TOPSIS yöntemlerinin uygulama adımları verilerek konut seçimi için en uygun seçeneğin belirlenmesinde bu adımlar kullanılmıştır.

### AHP

AHP yöntemi ilk olarak Myers ve Alpert ikilisi tarafından 1968 yılında ortaya atılmış ve 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. AHP, çok ölçütlü karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir bir yöntemdir.

AHP yönteminin uygulama adımları şu şekildedir [8-10]:

Adım 1: Karar ölçütlerinin belirlenmesi

Çözülme istenilen probleme ilişkin ölçütler ve alternatifler belirlenir.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Probleme ait hedef, ölçütler ve alternatiflerden oluşan bir hiyerarşik yapı belirlendikten sonra ölçütlere ait  $n \times n$  boyutunda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Tablo 1’de verilen ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak ölçütler kendi içerisinde kıyaslanır.

**Tablo 1.** AHP İkili Karşılaştırma Ölçeği [2]

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz daha fazla önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Aşırı derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Adım 3: Ağırlıkların hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur (1) ve her bir değer ait olduğu sütun toplamına bölünür (2). Elde edilen normalize edilmiş matrisinin her bir sütunundaki değerlerin toplamı 1 olmalıdır. Normalize edilmiş matrisin her bir satırındaki değerlerin ortalaması alınarak  $W$  ağırlık vektörü elde edilir (3).

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (2)$$

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n} \quad (3)$$

Adım 4: Tutarlılığın kontrol edilmesi

Her bir ikili karşılaştırma matrisi için tutarlılık oranı (CR) hesaplanır. Saaty tarafından tutarlılık oranı için önerilen üst limit 0.10’dur. Hesaplanan tutarlılık oranı 0.10’dan büyük ise yapılan ikili karşılaştırma gözden geçirilerek tekrar değerlendirilir. Tutarlılık oranının temeli ölçüt sayısı ile temel değer ( $\lambda$ ) adı verilen bir katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. Temel değer ( $\lambda$ ) katsayısı hesaplandıktan sonra (4, 5) Tutarlılık oranı hesaplanır (6). Rasallık göstergesi değerleri (RI) ölçüt sayısına bağlı olarak Tablo 2’de verilmiştir.

$CR \leq 0.10$  ise yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenir.  $CR$  sıfıra ne kadar yakınsa karşılaştırma sonuçları daha tutarlı olacaktır.  $CR > 0.10$  ise elde edilen sonuçlar tutarsızdır.



$$[d_i] = [a_{ij}] \times [w_i] \quad (4)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n d_i / w_i}{n} \quad (5)$$

$$CR = \frac{\lambda - n}{RI(n-1)} \quad (6)$$

**Tablo 2.** Rasallık Göstergesi Değerleri [1]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

### TOPSIS

TOPSIS 1981 yılında Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen ve seçenekler arasından en uygun tercihin yapılmasına imkân tanıyan bir yöntemdir [11]. TOPSIS yöntemi ile karar verme problemlerinde bir seçeneğin ideal çözüme yakın olması ve ideal olmayan çözüme (negatif ideal) uzak olması beklenir [12-13].

TOPSIS yönteminin uygulama adımları şu şekildedir [10], [14-15]:

Adım 1: Karar matrisinin (T) oluşturulması

İlk olarak seçeneklerin (m), ölçütlere (n) göre değerlendirilmesini içeren karar matrisi oluşturulur.

$$T_{ij} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \cdots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & t_{m2} & \cdots & t_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 2: Standart karar matrisinin (R) oluşturulması

Karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir  $t_{ij}$  değerlerinin kareleri alınarak bu değerlerin toplamından oluşan sütun toplamları elde edilir ve her bir  $t_{ij}$  değeri ait olduğu sütun toplamının kareköküne bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir (8) ve R matrisi elde edilir (9).

$$r_{ij} = \frac{t_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m t_{kj}^2}} \quad (8) \quad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin (V) oluşturulması

Standart karar matrisi oluşturulduktan sonra AHP'den elde edilen ölçüt ağırlıkları ( $w_i$ ) kullanılarak ağırlıklı standart karar matrisi oluşturulur (10).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (10)$$

**Adım 4:** İdeal ( $A^*$ ) ve negatif ideal ( $A^-$ ) çözümlerin oluşturulması

V matrisinin her bir sütununa ait maksimum değerler ideal çözüm ( $A^*$ ) değerleri (11), minimum değerler ise negatif ideal çözüm ( $A^-$ ) değerleridir (12).

$$A^* = \left\{ \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (11)$$

$$A^- = \left\{ \left( \min_i v_{ij} \mid j \in J \right), \left( \max_i v_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (12)$$

$J$  fayda (maksimizasyon),  $J'$  ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

**Adım 5:** İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinden uzaklığın hesaplanması

Her bir alternatife ilişkin ölçüt değerinin ideal (13) ve negatif ideal (14) çözüm setinden uzaklıkları belirlenir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (13)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

**Adım 6:** İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması

İdeal ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar kullanılarak her bir alternatifin ideal çözüme olan göreli yakınlığı ile hesaplanır (15).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \quad (15)$$

Burada  $0 \leq C_i^* \leq 1$  aralığında değer alır ve  $C_i^* = 1$  alternatifin ideal çözüm noktasında  $C_i^* = 0$  alternatifin negatif ideal çözüm noktasında olduğunu göstermektedir.

Alternatifler ideal çözüme göreli yakınlıklarına göre maksimum  $C_i^*$  değerine sahip alternatif ilk sırada yer alacak şekilde sıralanır.

## BULGULAR (RESULTS)

AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen konut seçimi ile ilgili bu çalışmada ilk olarak konut seçimini etkileyen ölçütler belirlenmiştir. Bunlar:

- ✓ Fiyat ( $\ddot{O}_1$ ),
- ✓ Kullanım alanı ( $\ddot{O}_2$ ),
- ✓ Yaşı ( $\ddot{O}_3$ ),
- ✓ Bulunduğu kat ( $\ddot{O}_4$ ),
- ✓ Oda sayısı ( $\ddot{O}_5$ ),
- ✓ Güneş alan cephe sayısı ( $\ddot{O}_6$ ),
- ✓ Isıtma sistemi ( $\ddot{O}_7$ ) ve
- ✓ Kent merkezine uzaklıktır ( $\ddot{O}_8$ ).

Konut seçimi ile ilgili problemin çözümü iki adımda gerçekleştirilmiştir:

- ✓ İlk adımda ölçütlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiştir.
- ✓ İkinci adımda AHP ile elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılarak seçenekler sıralanmıştır.

İlk adımda ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Ölçütlere ait ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken uzman görüşlerine başvurulmuştur. İkili karşılaştırma ölçeği kullanılarak elde edilen ölçütlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Ölçütlere İlişkin İkili Karşılaştırma Matrisi

	Ö <sub>1</sub>	Ö <sub>2</sub>	Ö <sub>3</sub>	Ö <sub>4</sub>	Ö <sub>5</sub>	Ö <sub>6</sub>	Ö <sub>7</sub>	Ö <sub>8</sub>
Ö <sub>1</sub>	1	1.00	0.33	0.33	1.00	0.50	0.50	0.33
Ö <sub>2</sub>		1	0.50	0.50	1.00	0.25	0.50	0.25
Ö <sub>3</sub>			1	3.00	3.00	1.00	3.00	0.50
Ö <sub>4</sub>				1	2.00	0.33	1.00	0.25
Ö <sub>5</sub>					1	0.50	0.50	0.50
Ö <sub>6</sub>						1	1.00	0.50
Ö <sub>7</sub>							1	0.25
Ö <sub>8</sub>								1

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra her bir sütun değeri ait olduğu sütun toplamına bölünür. Elde edilen normalize edilmiş matrisin her bir satırındaki değerlerin ortalaması alınarak ağırlık vektörü elde edilir (Tablo 4).

**Tablo 4.** Normalize Edilmiş Matris ve Ağırlık (W) Vektörü

	Ö <sub>1</sub>	Ö <sub>2</sub>	Ö <sub>3</sub>	Ö <sub>4</sub>	Ö <sub>5</sub>	Ö <sub>6</sub>	Ö <sub>7</sub>	Ö <sub>8</sub>	W
Ö <sub>1</sub>	0,063	0,059	0,057	0,025	0,071	0,076	0,043	0,093	0,061
Ö <sub>2</sub>	0,063	0,059	0,086	0,038	0,071	0,038	0,043	0,070	0,058
Ö <sub>3</sub>	0,188	0,118	0,171	0,225	0,214	0,152	0,261	0,140	0,184
Ö <sub>4</sub>	0,188	0,118	0,057	0,075	0,143	0,051	0,087	0,070	0,098
Ö <sub>5</sub>	0,063	0,059	0,057	0,038	0,071	0,076	0,043	0,140	0,068
Ö <sub>6</sub>	0,125	0,235	0,171	0,225	0,143	0,152	0,087	0,140	0,160
Ö <sub>7</sub>	0,125	0,118	0,057	0,075	0,143	0,152	0,087	0,070	0,103
Ö <sub>8</sub>	0,188	0,235	0,343	0,300	0,143	0,304	0,348	0,279	0,267
Toplam	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Ölçütlere ait ağırlıklar şu şekildedir; fiyat %6.1, kullanım alanı %5.8, yaşı %18.4, bulunduğu kat %9.8, oda sayısı %6.8, güneş alan cephe sayısı %16, ısıtma sistemi %10.3 ve kent merkezine uzaklık %26.7'dir. Konut seçiminde etkili olan ölçütlerin ağırlıklarına göre en etkili olandan en az etkili olana doğru sıralaması ise şu şekildedir; kent merkezine uzaklık, yaşı, güneş alan cephe sayısı, ısıtma sistemi, bulunduğu kat, oda sayısı, fiyat ve kullanım alanıdır.

W ağırlık vektörü elde edildikten sonra tutarlılık oranının hesaplanması gerekir. Öncelikle temel değer ( $\lambda$ ) katsayısının hesaplanması gerekir. İkili karşılaştırma matrisi ile W ağırlık vektörü çarpılarak elde edilen matrisin her bir elemanı karşılık gelen W ağırlık vektörünün her bir elemanı ile bölünür. Elde edilen sonuçlar toplanarak ortalaması alınır ve böylelikle temel değer ( $\lambda$ ) katsayısı hesaplanmış olur. Bu işlemler sonucu temel değer ( $\lambda$ ) katsayısı 8.423 olarak elde edilmiştir.

Tutarlılık oranı hesaplanırken RI değeri 8 ölçüt için 1.41'dir.

$$CR = \frac{8.423 - 8}{1.41(8 - 1)} \quad CR \text{ değeri } 0.04 \text{ olarak hesaplanır. } CR \leq 0.10 \text{ olduğu için yapılan işlemler tutarlıdır.}$$

İkinci adımda AHP ile elde edilen ölçüt ağırlıkları TOPSIS yönteminde kullanılarak seçenekler

sıralanmıştır.

TOPSIS yönteminde ilk olarak karar matrisi oluşturulur. Seçeneklerin (1.Konut-S1, 2.Konut-S2, 3.Konut-S3, 4.Konut-S4, 5.Konut-S5) ölçütlere göre değerlendirildiği bu karar matrisi oluşturulurken Tablo 5'te verilen ölçek kullanılmıştır. Fiyat (Ö1) ölçütü sayısal ifade olarak aynen kullanılırken, kullanım alanı (Ö2), yaşı (Ö3), bulunduğu kat (Ö4), oda sayısı (Ö5), güneş alan cephe sayısı (Ö6), ısıtma sistemi (Ö7) ve kent merkezine uzaklık (Ö8) ölçütleri sayısal ifadelerle dönüştürülmüştür. Karar matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 5.** TOPSIS Değerlendirme Ölçeği

Ölçek Değeri	Ölçek Tanımı
1	Çok Düşük
3	Düşük
5	Orta
7	Yüksek
9	Çok Yüksek

**Tablo 6.** Karar Matrisi

	Ö <sub>1</sub>	Ö <sub>2</sub>	Ö <sub>3</sub>	Ö <sub>4</sub>	Ö <sub>5</sub>	Ö <sub>6</sub>	Ö <sub>7</sub>	Ö <sub>8</sub>
S <sub>1</sub>	530	7	9	5	7	5	7	9
S <sub>2</sub>	350	9	7	3	7	3	7	5
S <sub>3</sub>	425	5	9	3	5	3	7	5
S <sub>4</sub>	150	3	7	3	3	3	1	7
S <sub>5</sub>	300	5	1	7	5	7	5	7

Karar matrisi oluşturulduktan sonra standart karar matrisi (Tablo 7) ve AHP'den elde edilen ağırlıklar kullanılarak ağırlıklı standart karar matrisi (Tablo 8) oluşturulur.

**Tablo 7.** Standart Karar Matrisi

	Ö <sub>1</sub>	Ö <sub>2</sub>	Ö <sub>3</sub>	Ö <sub>4</sub>	Ö <sub>5</sub>	Ö <sub>6</sub>	Ö <sub>7</sub>	Ö <sub>8</sub>
S <sub>1</sub>	0,635	0,509	0,557	0,498	0,559	0,498	0,532	0,595
S <sub>2</sub>	0,419	0,655	0,433	0,299	0,559	0,299	0,532	0,330
S <sub>3</sub>	0,509	0,364	0,557	0,299	0,399	0,299	0,532	0,330
S <sub>4</sub>	0,180	0,218	0,433	0,299	0,239	0,299	0,076	0,463
S <sub>5</sub>	0,359	0,364	0,062	0,697	0,399	0,697	0,380	0,463

**Tablo 8.** Ağırlıklı Standart Karar Matrisi

	Ö <sub>1</sub>	Ö <sub>2</sub>	Ö <sub>3</sub>	Ö <sub>4</sub>	Ö <sub>5</sub>	Ö <sub>6</sub>	Ö <sub>7</sub>	Ö <sub>8</sub>
S <sub>1</sub>	0,039	0,030	0,102	0,049	0,038	0,079	0,055	0,159
S <sub>2</sub>	0,026	0,038	0,080	0,029	0,038	0,048	0,055	0,088
S <sub>3</sub>	0,031	0,021	0,102	0,029	0,027	0,048	0,055	0,088
S <sub>4</sub>	0,011	0,013	0,080	0,029	0,016	0,048	0,008	0,124
S <sub>5</sub>	0,022	0,021	0,011	0,069	0,027	0,111	0,039	0,124

Ağırlıklı standart karar matrisindeki en iyi ve en kötü değerler belirlenerek ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir (Tablo 9).

**Tablo 9.** İdeal ve Negatif İdeal Çözümler

A*	0,0387	0,0382	0,1022	0,0686	0,0382	0,1113	0,0550	0,1590
A <sup>-</sup>	0,0109	0,0127	0,0114	0,0294	0,0164	0,0477	0,0079	0,0884

Her bir seçeneğin ideal ve negatif ideal çözüm setinden uzaklıkları belirlenmiş ve ideal çözüme olan göreceli yakınlık değerleri hesaplanmıştır (Tablo 10).

**Tablo 10.** İdeal ve Negatif İdeal Çözümünden Uzaklık ve İdeal Çözüme Göreceli Yakınlık Değerleri

	$S_i^*$	$S_i^-$	$C_i^*$
$S_1$	0,0383	0,1357	0,7798
$S_2$	0,1061	0,0906	0,4605
$S_3$	0,1051	0,1052	0,5004
$S_4$	0,1070	0,0768	0,4177
$S_5$	0,1022	0,0901	0,4686

Seçenekler Tablo 10’da verilen  $C_i^*$  değerlerine göre sıralandığında, ideal çözüme görece yakınlığı en yüksek olan 1. seçenek ilk sırada yer almaktadır. Seçeneklerin ideal çözüme görece yakınlık değerine göre sıralanması Tablo 11’de verilmiştir.

**Tablo 11. Seçeneklerin Sıralanması**

Sıralama Seçenek	1	2	3	4	5
	$S_1$ (1.Konut)	$S_3$ (3.Konut)	$S_5$ (5.Konut)	$S_2$ (2.Konut)	$S_4$ (4.Konut)

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Karar verme problemlerinde karar vericiler için değerlendirme ölçütlerinin ve seçeneklerin fazlalığı en uygun seçeneğe ulaşmayı zorlaştıran durumlardır. Bu tür problemlerde değerlendirme ölçütlerini sayısal olarak ifade edebilmek ve matematiksel yöntemler kullanılarak en uygun tercihe ulaşabilmek önemlidir. Bu çalışmada, konut seçimini etkileyen sekiz ölçüt belirlenmiştir. Bu ölçütlerin uzman görüşleri alınarak AHP yöntemi ile ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak birbirlerine göre önem dereceleri elde edilmiştir. TOPSIS yönteminde seçeneklerin ölçütlere göre değerlendirildiği bir karar matrisi oluşturulmuş ve AHP’den elde edilen ölçüt ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı standart karar matrisi elde edilmiştir. Her bir seçeneğin ideal çözüme görece yakınlık değerleri hesaplanmış ve seçenekler uygunluk derecesine göre sıralanmıştır. Karar verilmek istenen beş konut içerisinde en uygun olanı 1.Konut olarak belirlenmiştir.

Tek bir karar verici için yapılan bu çalışmada konut seçimini etkileyen ölçütler ve ölçütlerin ağırlıkları farklı karar vericiler içinde kullanılabilir niteliktedir. Karar verici istekleri doğrultusunda ölçüt sayısını artırabilir ve aynı yöntemler doğrultusunda kendisi için en uygun seçeneği belirleyebilir. Her bir konutun özellikleri ve karar vericinin istekleri değişkenlik gösterir. Daha genel sonuçlara bölgesel bazlı genel ölçütler belirlenerek ve daha fazla katılımcının katılımı sağlanarak ulaşılabilir.

### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] İ. Çetin, Y. Şahin, AHP temelli gri ilişkisel analiz yöntemi ile konut seçimi, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(25), (2018), 153-172.
- [2] T.L. Saaty, How to make a decision: the analytic hierarchy process, *European Journal of Operational Research*, 48, (1990), 9-26.
- [3] J. Ball, V.C. Srinivasan, Using the analytic hierarchy process in house selection, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 9(1), (1994), 69-85.
- [4] M. J. Schniederjans, J.J. Hoffman, G.S. Sirmans, Using goal programming and the analytic hierarchy process in house Selection, *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 11(2), (1995), 167-176.
- [5] T. Kauko, An analysis of housing location attributes in the Inner City of Budapest, Hungary, using expert judgements, *International Journal Of Strategic Property Management*, 11(4), (2007), 209-225.
- [6] M. Timor, Analitik hiyerarşi prosesi, *Türkmen Kitabevi*, (2011), 98-116.
- [7] S.K. Gürbüz, Analitik hiyerarşi proses yöntemi ile konut seçimi: Isparta’da bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ekonometri Anabilim Dalı, Isparta,

(2016).

- [8] T. L. Saaty, The analytic hierarchy process, New York: McGraw-Hill, (1980).
- [9] T.L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, *International Journal of Services Sciences*, 1(1), (2008), 83-98.
- [10] M. Arıbaş, U. Özcan, Akademik araştırma projelerinin AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi, *Politeknik Dergisi*, 19(2), (2016), 163-173.
- [11] C.L. Hwang, K. Yoon, Methods for multiple attribute decision making, *Springer*, New York, (1981).
- [12] Y-J. Lai, T-Y. Liu, C-L. Hwang, TOPSIS for MODM, *European Journal of Operational Research*, 76(3), (1994), 486-500.
- [13] M. Özdemir, TOPSIS, İşletmeciler, Mühendisler ve Yöneticiler için Operasyonel, Yönetimsel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, *Bursa: DORA Yayınları*, (2014), 133-153.
- [14] M. Monjezi, H. Dehghani, T.N. Singh, A.R. Sayadi, A. Gholinejad, Application of TOPSIS method for selecting the most appropriate blast design, *Arabian Journal of Geosciences*, 5(1), (2010), 95-101.
- [15] A. Uslu, K. Kızıloğlu, S.K. İşleyen, E. Kahya, Okul yeri seçiminde coğrafi bilgi sistemine dayalı AHP-TOPSIS yaklaşımı: Ankara ili örneği, *Politeknik Dergisi*, 20(4), (2017), 933-943.



## Pseudo 2- Çaprazlanmış Modüller ve Pseudo 3- Çaprazlanmış Modüller

Sedat PAK<sup>1</sup>  Özgün GÜR MEN ALANSAL<sup>2</sup>  Uğur CESUR<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Fakültesi, Matematik ve Bilgisayar Bölümü, Ahmet Keleşoğlu Yerleşkesi, A Blok, Oda No: 110, Meram, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/Corresponding Author*)

<sup>2</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kütahya, Türkiye

<sup>3</sup> Milli Eğitim Bakanlığı, 42140, Meram, Konya, Turkey

### Makale Bilgileri

#### Makale Geçmişi

Geliş: 13.11.2020

Kabul: 18.12.2020

Yayın: 31.12.2020

#### Anahtar Kelimeler:

Çaprazlanmış Modül,  
Homotopi, Moore  
kompleks,  
Pseudosimplisel grup.

### ÖZET

Homotopi 2 – tiplerinin cebirsel modelleri üzerindeki çalışmasında J.H.L.Whitehead [1], çaprazlanmış modül kavramını ilk olarak gruplar üzerine tanımlamış, sonrasında ise çaprazlanmış modül cebirler üzerinde T. Porter [2] tarafından tanımlanmıştır, ayrıntılı bilgi için [3,4,5] bakılabilir. Conduché [6] ise 3 - tip homotopi modeli olarak 2-çaprazlanmış model kavramını tanımlamıştır. Carrasco-Cegarra [7], hiper çaprazlanmış kompleks kavramını tanımlamış ve hiper çaprazlanmış kompleksler kategorisinin simplisel gruplar kategorisine denk olduğunu göstermiştir. Mutlu – Porter [8], simplisel gruplarda Peiffer çiftlerinden faydalanmışlardır. Daha sonra 3 - çaprazlanmış modül yapısı, Arvasi, Kuzpınarı ve Uslu [9] tarafından tanımlanmıştır. Inassaridze [10], pseudosimplisel grup yapısını tanımlamış, Akça ve Pak [11] pseudo 2- çaprazlanmış modülü tanımlamıştır. Bu çalışmada pseudo 3- çaprazlanmış modül kavramını tanımlanarak, Arvasi , Kuzpınarı ve Uslu [9] tarafından tanımlanan 3-çaprazlanmış modüller ile arasındaki ilişki incelenmiştir ve pseudo 3- çaprazlanmış modüller kategorisi ile 3-çaprazlanmış modüller kategorisinin denkliği elde edilmiştir [12].

## Pseudo 2- Crossed Modules and Pseudo 3- Crossed Modules

### Article Info

#### Article History

Received: 13.11.2020

Accepted: 18.12.2020

Published: 31.12.2020

#### Keywords:

Crossed Module,  
Homotopy, Moore  
complex,  
Pseudosimplical group.

### ABSTRACT

J.H.L.Whitehead [1] first defined the concept of crossed modules on groups in his work on algebraic models of Homotopy 2 -types, and then T. Porter [2] defined this concept on algebras. For detailed information, see [3,4,5]. Conduché [6] defined the concept of 2-crossed model as a 3-type homotopy model. Carrasco Cegarra [7] defined the concept of hypercrossed complexes and showed that the category of hypercrossed complexes corresponds to the category of simplicial groups. Mutlu –Porter [8] made use of piffer pairs in simplicial groups. Later, Arvasi, Kuzpınarı and Uslu [9] defined a 3-crossed module structure. Inassaridze [10] defined the pseudosimplisel group structure. Akça and Pak [11] defined the pseudo 2-crossed module. In this study, the relationship between 3-crossed modules defined by Arvasi, Kuzpınarı and Uslu [9] was investigated by defining the concept of pseudo 3-crossed modules, and the equivalence of the category of pseudo 3-crossed modules and the category of 3-crossed modules was obtained [12].



**Atıf/Citation:** Pak, S.; Gürmen Alansal, Ö.; Cesur, U. (2020). Pseudo 2- Çaprazlanmış Modüller ve Pseudo 3- Çaprazlanmış Modüller, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 22-37.

“This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)”

## GİRİŞ (INTRODUCTION)

### 1.1. Pseudosimplisel Gruplar (Pseudosimplicial Groups)

Boştan farklı bir  $G$  grubu üzerinde tanımlanan yüz homomorfizmleri  $\partial_i^n: G_n \rightarrow G_{n-1}$ ,  $0 \leq i \leq n$ ,  $n \neq 0$  ve  $s_i^n: G_n \rightarrow G_{n+1}$ ,  $0 \leq i \leq n$  pseudo dejenere operatörleri ile birlikte  $\{G_n\}$ 'den oluşan pseudosimplisel grup yapısı, aşağıdaki özellikleri sağlar:

$$\begin{aligned}\partial_i^{n-1} \partial_j^n &= \partial_{j-1}^{n-1} \partial_i^n, & i < j \\ \partial_i^{n+1} s_j^n &= s_{j-1}^{n-1} \partial_i^n, & i < j \\ \partial_i^{n+1} s_j^n &= 1 = \partial_{i+1}^{n+1} s_j^n \\ \partial_i^{n+1} s_j^n &= s_j^{n-1} \partial_{i-1}^n, & i > j + 1\end{aligned}$$

Bu şartlara,

$$s_i^{n+1} s_j^n = s_{j+1}^{n+1} s_i^n \quad i \leq j$$

şartını da dahil edersek, simplisel grupları elde ederiz. Doğal olarak, her simplisel grup bir pseudosimplisel gruptur. Bunun tersi daima doğru değildir [10].

### 1.2. Moore Kompleks (The Moore Complex)

Bir  $\mathbf{G}$  pseudosimplisel grubu için,

$$(NG_n) = \bigcap_{i=0}^{n-1} \text{Kerd}_i^n$$

olmak üzere,

$$(NG, \partial) : \dots \longrightarrow NG_1 \xrightarrow{d_2} NG_1 \xrightarrow{d_1} NG_0$$

biçimindeki zincir kompleksine  $\mathbf{G}$  nin Moore Kompleksi denir ve  $(NG, \partial)$  ile gösterilir.  $\mathbf{G}$  pseudosimplisel grubunun  $n$ . Homotopi modülü  $\pi_n(\mathbf{G})$ ,

$$\begin{aligned}\pi_n(G) \cong H_n(NG, \partial) &= \frac{\bigcap_{i=0}^n \text{Kerd}_i^n}{d_{n+1}^{n+1}(\bigcap_{i=0}^n \text{Kerd}_i^{n+1})} \\ &= \frac{NG_n \cap \text{Kerd}_n^n}{d_{n+1}^{n+1}(NG_{n+1})}\end{aligned}$$

olarak tanımlanır ve bu  $\mathbf{G}$  nin Moore kompleksinin  $n$ . homolojisine denktir.  $n > k$  için  $G_n$  pseudosimplisel grubu sıfır grubu ise bu gruba  $k$  - truncated pseudosimplisel grup denir. Bir  $k$  - truncated pseudosimplisel grup  $tr_k G$  ile gösterilir ve truncation fonktoru,

$$tr_k: PseudosimpGrp \rightarrow Tr_k PseudosimpGrp$$

dır. Bu fonkturun sağ adjoint fonktoru ile  $k$  - coskeletonu,

$$Cosk_k: Tr_k PseudosimpGrp \rightarrow PseudosimpGrp$$

ve sol adjoint fonktoru ile  $k - skeletonu$ ,

$$sk_k: Tr_k PseudosimpGrp \rightarrow PseudosimpGrp$$

vardır.

### 1.3. Tanım ve Notasyonlar (Definitions and Notations)

Bir,  $[n] = \{0 < 1 < 2 < \dots < n\}$  sıralı kümesi için

$\delta_i^n: [n-1] \rightarrow [n]$ ,  $0 \leq i \leq n$  ve  $\alpha_i^n: [n+1] \rightarrow [n]$ ,  $0 \leq j \leq n$  dönüşümleri,

$$\delta_i^n(x) = \begin{cases} x & ; x < i \\ x+1 & ; x \geq i \end{cases}$$

ve

$$\alpha_i^n(x) = \begin{cases} x & ; x \leq j \\ x-1 & ; x > j \end{cases}$$

şeklinde tanımlıdır. Ayrıca  $0 \leq r \leq n$  için  $f: [n] \rightarrow [n-r]$  şeklindeki  $f$  operatörlerinin kümesi  $S(n, n-r)$  olsun. Bu kümenin elemanları arasındaki bileşke işleminden faydalanarak, pseudosimplisel özdeşlikler elde edilir.

$j < i$  için  $\alpha_j \alpha_i = \alpha_{i-1} \alpha_j$  dir. Burada,  $\alpha_j, \alpha_i$  lerin bileşkesi  $f$  yi verir.

$$f = \alpha_{i_1} \circ \alpha_{i_2} \circ \dots \circ \alpha_{i_r}$$

olup  $f \in S(n, n-r)$  dir. Böylece  $S(n, n-r)$  nin bir elemanı,

$$\{i_1, \dots, i_r\} ; 0 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_r \leq n-1$$

ile belirlenir. Burada  $[n]$  nin elemanları  $0 \leq i_1 < i_2 < \dots < i_r \leq n-1$  formundaki elemanlardır ve  $\{i_1, \dots, i_r\} = \{i: f(i) = f(i+1)\}$  dir. Dolayısıyla;  $S(n, n)$  nin tek elemanı özdeşlik dönüşümüdür ve  $( )$  ile veya  $\emptyset_n$  ile gösterilir.  $S(n, 0)$  ın da tek elemanı  $(n-1, n-2, \dots, 0)$  dır.  $n \geq 0$  için

$$S(n) = \bigcup_{0 \leq r \leq n} S(n, n-r)$$

şeklinde tanımlansın.  $\alpha, \beta \in S(n)$  ve  $\alpha = \{i_r, \dots, i_1\}$  ve  $\beta = \{j_s, \dots, j_1\}$  olsun.  $\alpha < \beta$  için,  $i_1 = j_1, i_2 = j_2, \dots, i_k = j_k$ , iken  $i_{k+1} = j_{k+1}$ .  $r < s$  için  $i_1 = j_1, i_2 = j_2, \dots, i_r = j_r$  olmalıdır. Bu şekilde bir sıralama  $S(n)$  kümesini bir sıralı küme yapar. Örneğin

$$S(2) = \{\emptyset_2 < (1) < (0) < (1,0)\}$$

$$S(3) = \{\emptyset_3 < (2) < (1) < (2,1) < (0) < (2,0) < (1,0) < (2,1,0)\}$$

$$S(4) = \{\emptyset_4 < (3) < (2) < (3,2) < (1) < (3,1) < (2,1) < (3,2,1) < (0) < (3,0) < (2,0) < (3,2,0) < (1,0) < (3,1,0) < (2,1,0) < (3,2,1,0)\}$$

dir.

#### 1.4. Pseudosimplisel Grubun Yarı Direkt Ayrışması (The Semidirect Decomposition of a Pseudosimplicial Group)

**1.4.1. Tanım (Definition)**  $G$  bir grup,  $n \geq 2$  için,  $G_1, G_2, \dots, G_n$  ler  $G$  nin alt grupları olsun. Eğer

- i) Her  $1 \leq s \leq n$  için  $G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_s$ ,  $G$  nin bir alt grubu,
- ii)  $G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_n = G$ ,
- iii)  $1 \leq s < t \leq n$  için  $(G_1 \cdot G_2 \cdot \dots \cdot G_s) \cap G_t = 1$

şartları sağlanıyorsa  $G$  ye  $G_1, G_2, \dots, G_n$  lerin  $n$  –yarıdirekt çarpımı denir. Bu durum

$$G = G_1 \rtimes G_2 \rtimes \dots \rtimes G_n$$

şeklinde ifade edilir. Bu durumda  $g \in G$  elemanı  $g_i \in G_i$  olmak üzere

$$g_1 \cdot g_2 \cdot \dots \cdot g_n$$

şeklinde tek bir biçimde yazılıma sahiptir.

**1.4.2. Tanım (Definition)**  $G$  bir pseudosimplisel grup olsun. Herhangi  $n \geq 0$  için  $G_n$  grubu,

$$G_n \cong (\dots (NG_n \rtimes s_{n-1}NG_{n-1}) \rtimes \dots \rtimes s_{n-2} \dots s_0NG_1) \rtimes (\dots (s_{n-2}NG_{n-1} \rtimes s_{n-1}s_{n-2}NG_{n-2}) \rtimes \dots \rtimes s_{n-1}s_{n-2} \dots s_0NG_0)$$

olarak yazılabilir. Bu yazılıma  $G_n$  nin yarı direkt ayrışımı denir.

**1.4.3. Teorem (Theorem)**  $G$ , bir pseudosimplisel grup olmak üzere  $G_n$  nin yarı direkt ayrışımı;

$$G_n \cong \text{Ker}d_n^n \rtimes s_{n-1}^{n-1}(G_{n-1})$$

şeklinindedir. Buna göre özel olarak

$$G_1 \cong NG_1 \rtimes s_0NG_0$$

$$G_2 \cong (NG_2 \rtimes s_1NG_1) \rtimes (s_0NG_1 \rtimes s_1s_0NG_0)$$

$$G_3 \cong (NG_3 \rtimes s_2NG_2) \rtimes (s_1NG_2 \rtimes s_2s_1NG_1) \rtimes ((s_0NG_2 \rtimes s_2s_0NG_1) \rtimes (s_1s_0NG_1 \rtimes s_2s_1s_0NG_0)).$$

$$G_4 \cong (((NG_4 \rtimes s_3NG_3) \rtimes (s_2NG_3 \rtimes s_3s_2NG_2)) \rtimes ((s_1NG_3 \rtimes s_3s_1NG_2) \rtimes (s_2s_1NG_2 \rtimes s_3s_2s_1NG_1))) \rtimes s_0(G_3 \text{ in bir ayrışımı})$$

olur.

$\alpha = (i_l, \dots, i_1) \in S(n)$  için karşılık gelen terim,

$$s_\alpha(NG_{n-\#\alpha}) = s_{i_l \dots i_1}(NG_{n-\#\alpha}) = s_{i_l \dots i_1}(NG_{n-\#\alpha})$$

dir. Ayrıca burada  $\#\alpha = l$  dir.

Böylece herhangi bir  $x \in G_n, y \in NG_n$  ve  $x_\alpha \in NG_{n-\#\alpha}$  için

$$x = y \prod_{\alpha \in S(n)} s_\alpha(x_\alpha)$$

şeklinde ifade edilir.

### 1.5. Hiperçaprazlanmış Kompleks Çiftleri (Hyperscrossed Complex Pairings)

Hiperçaprazlanmış kompleks çiftleri ile ilgili temel fikir Carrasco ve Cegarra [7,13] çalışmalarında karşımıza çıkmıştır. Mutlu ve Porter [8] çalışmalarında Conduché [6], çalışmalarından faydalanarak, hiperçaprazlanmış kompleks çiftlerini oluşturmuşlardır. Hiper çaprazlanmış kompleks çiftleri ile ilgili ayrıntılı bilgi için Mutlu ve Porter [8] ve Carrasco ve Cegarra [7,13] çalışmalarına bakılabilir.  $\alpha, \beta \in S(n)$  ve  $\alpha = (i_1, \dots, i_r)$ ,  $\beta = (j_1, \dots, j_s)$  için  $\alpha \cap \beta = \emptyset$  olmak üzere,  $(\alpha, \beta)$  şeklindeki ikililerin kümesini  $P(n)$  ile gösterelim. Ayrıca  $\#\alpha$ ,  $\#\beta$  sırasıyla  $\alpha$  ve  $\beta$  nin eleman sayılarını gösterebiliriz.

$$F_{\alpha, \beta} = NG_{n-\#\alpha} \times NG_{n-\#\beta} \rightarrow NG_n$$

dönüşümü, aşağıdaki değişmeli diyagramdan elde edilir.

$$\begin{array}{ccc}
 NG_{n-\#\alpha} \times NG_{n-\#\beta} & \xrightarrow{F_{\alpha, \beta}} & NG_n \\
 \downarrow s_\alpha \times s_\beta & & \downarrow p \\
 G_n \times G_n & \xrightarrow{\mu} & G_n
 \end{array}$$

Burada  $F_{\alpha, \beta} = p\mu s_\alpha \times s_\beta$  formunda olup:

$$s_\alpha = s_{i_1}, \dots, s_{i_r} : NG_{n-\#\alpha} \rightarrow G_n$$

$$s_\beta = s_{j_1}, \dots, s_{j_s} : NG_{n-\#\beta} \rightarrow G_n$$

biçiminde gösterilir.

$$\begin{aligned}
 \mu : G_n \times G_n &\rightarrow G_n \\
 x \times y &\mapsto x \cdot y
 \end{aligned}$$

iken  $p : G_n \rightarrow NG_n$  dönüşümü  $p = p_{n-1}p_{n-2} \dots p_0$  ve  $0 \leq j \leq n-1$  için  $p_j(x) = x s_j d_j(x)^{-1}$  şeklinde tanımlıdır.

$x_\alpha \in G_{n-\#\alpha}$ ,  $y_\beta \in G_{n-\#\beta}$  olmak üzere;  $NG_n$  içinde

$$\begin{aligned}
 F_{\alpha, \beta}(x_\alpha, y_\beta) &= p\mu(s_\alpha \times s_\beta)(x_\alpha, y_\beta) \\
 &= p[s_\alpha x_\alpha, s_\beta y_\beta]
 \end{aligned}$$

dır. Buradan da  $F_{\alpha, \beta}(x_\alpha, y_\beta)$  nin elemanları tarafından üretilen  $G_n$  nin  $N_n$  normal alt grubunu gösterebiliriz. Bu normal alt grup,  $n = 3$  ve  $n = 4$  değerleri için şu şekilde elde edilebilir.

$n = 3$  için mümkün Peiffer eşleşmeleri,

$$F_{(1,0)(2)}, F_{(2,0)(1)}, F_{(0)(2,1)}, F_{(0)(2)}, F_{(1)(2)}, F_{(0)(1)}$$

dir.  $N_3$  üreteçleri, her  $x_1 \in NG_1, y_2 \in NG_2$  için,

$$F_{(1,0)(2)}(x_1, y_2) = [s_1 s_0 x_1, s_2 y_2][s_2 y_2, s_2 s_0 x_1],$$

$$F_{(2,0)(1)}(x_1, y_2) = [s_2 s_0 x_1, s_1 y_2][s_1 y_2, s_1 s_2 x_1][s_2 s_1 x_1, s_2 y_2][s_2 y_2, s_2 s_0 x_1],$$

her  $x_2 \in NG_2, y_1 \in NG_1$  için,

$$F_{(0)(2,1)}(x_2, y_1) = [s_0 x_2, s_2 s_1 y_1][s_2 s_1 y_1, s_1 x_2][s_2 x_2, s_2 s_1 y_1],$$

Ve her  $x_2, y_2 \in NG_2$  için,

$$F_{(0)(1)}(x_2, y_2) = [s_0x_2, s_1y_2][s_1y_2, s_1x_2][s_2x_2, s_2y_2],$$

$$F_{(0)(2)}(x_2, y_2) = [s_0x_2, s_2y_2],$$

$$F_{(1)(2)}(x_2, y_2) = [s_1x_2, s_2y_2][s_2y_2, s_2x_2].$$

şeklindedir.

$n = 4$  için, ilgili eşlemeler:

$$\begin{array}{ccccc} F_{(0)(3,2,1)}, & F_{(3,2,0)(1)}, & F_{(3,1,0)(2)}, & F_{(2,1,0)(3)}, & F_{(3,0)(2,1)}, \\ F_{(2,0)(3,1)}, & F_{(1,0)(3,2)}, & F_{(1)(3,2)}, & F_{(0)(3,2)}, & F_{(0)(3,1)}, \\ F_{(0)(2,1)}, & F_{(3,1)(2)}, & F_{(2,1)(3)}, & F_{(3,0)(2)}, & F_{(3,0)(1)}, \\ F_{(2,0)(3)}, & F_{(2,0)(1)}, & F_{(1,0)(3)}, & F_{(1,0)(2)}, & F_{(2)(3)}, \\ F_{(1)(3)}, & F_{(0)(3)}, & F_{(1)(2)}, & F_{(0)(2)}, & F_{(0)(1)} \end{array}$$

şeklindedir. Her  $x_1, y_1 \in NG_1$ ,  $x_2, y_2 \in NG_2$ , ve her  $x_3, y_3 \in NG_3$ , için  $N_4$  normal alt grubunun üreteçleri kolaylıkla elde edilir.

## MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

### Pseudosimplisel Gruplar için Çaprazlanmış Modüller (Crossed Modules for Pseudo-simplicial Groups)

**Teorem 2.1.** Moore kompleksinin boyu 1 olan Pseudosimplisel gruplar kategorisi ile çaprazlanmış modüller kategorisi denktir [11].

**İspat.** Kabul edelim ki  $G$ , Moore kompleksinin boyu 1 olan bir pseudosimplisel grup olsun.  $P = NG_0 = G_0$ ,  $M = NG_1 = \text{çek}(d_0 : G_1 \rightarrow G_0)$  ve  $\partial = d_1$  alınsın ve  $p \in P$  nin  $m \in M$  üzerine etkisi

$${}^p m = s_0(p)ms_0(p)^{-1},$$

olarak alınsın, buna göre

$$\partial({}^p m) = d_1(s_0(p)ms_0(p)^{-1})$$

elde edilir. Burada

$$\dots \rightarrow 1 \rightarrow M \xrightarrow{\partial} P \rightarrow 1$$

Moore kompleksinin boyu 1 olduğu için  $\partial_2 NG_2 = 1$  eşitliği mevcuttur. Her  $m, m' \in M, p \in P$  için

$$\begin{aligned} \text{CM1} \quad \partial_1({}^p m) &= d_1({}^p m) \\ &= d_1(s_0(p)ms_0(p)^{-1}) \\ &= d_1s_0(p)d_1(m)d_1s_0(p)^{-1} \\ &= p\partial_1(m)p^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CM2} \quad (\partial_1 m)m' &= s_0\partial_1(m)m's_0\partial_1(m)^{-1} \\ &= s_0d_1(m)m's_0d_1(m)^{-1} \\ &= s_0d_1(m)m's_0d_1(m)^{-1}[(m(m')^{-1}m^{-1})(mm'm^{-1})] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= d_2 s_0(m) d_2 s_1(m') d_2 s_0(m)^{-1} d_2 s_1(m) \\
 &\quad d_2 s_1(m')^{-1} d_2 s_1(m^{-1}) (mm' m^{-1}) \\
 &= d_2 (s_0(m) s_1(m') s_0(m)^{-1} s_1(m) s_1(m')^{-1} s_1(m)^{-1} (mm' m^{-1})) \\
 &= mm' m^{-1}
 \end{aligned}$$

dir. Böylece  $\partial : M \rightarrow P$  çaprazlanmış modülü elde edilir.

İlk olarak Conduche [6], homotopi 3 - tipler için bir model olarak 2 - çaprazlanmış modüllerden bahsetmiştir. Akça ve Pak [11] pseudo 2 – çaprazlanmış modülleri tanımlamışlardır. Bu tanımda bir pseudo 2 - çaprazlanmış modülün

$$L \xrightarrow{\partial_2} M \xrightarrow{\partial_1} P$$

şeklinde grupların bir kompleksi ve  $P$ -gruplarının  $\partial_2, \partial_1$  morfizmlerinden meydana geldiği ifade edilmiştir. Burada  $P$  grubunun  $M, L$  ve kendisi üzerine grup etkisi ile birlikte

$$L \xrightarrow{\partial_2} M$$

bir pseudo çaprazlanmış modüldür.  $M$  nin  $L$  üzerinde etkisi ile her  $l \in L, m \in M$  ve  $p \in P$  için

$${}^p m ({}^p l) = {}^p ({}^m l)$$

elde edilir. Ayrıca “Peiffer lifting” dönüşümleri,

$$\{, \}: M \times M \rightarrow L$$

her  $l, l' \in L, m, m', m'' \in M$  ve  $p \in P$  için,

$$\begin{aligned}
 \text{P-2CM1)} \quad & \partial_2 \{m, m'\} = (\partial_1^m m') mm'^{-1} m^{-1} \\
 \text{P-2CM2)} \quad & \{\partial_2 l, \partial_2 l'\} = [l', l] \\
 \text{P-2CM3)} \quad & \text{(i) } \{mm', m''\} = \partial_1^m \{m', m''\} \{m, m' m'' m^{-1}\} \\
 & \text{(ii) } \{m, m' m''\} = \{m, m'\} {}^{mm' m^{-1}} \{m, m''\} \\
 \text{P-2CM4)} \quad & \text{(a) } \{\partial_2 l, m\} = {}^m l (l)^{-1}, \\
 & \text{(b) } \{m, \partial_2 l\} = (\partial_1^m l) ({}^m l)^{-1} \\
 \text{P-2CM5)} \quad & \{m, \partial_2 l\} \{\partial_2 l, m\} = (\partial_1^m l) (l)^{-1}
 \end{aligned}$$

özellikleri sağlanır.

Bir pseudo 2-çaprazlanmış modülü  $\{L, M, P, \partial_2, \partial_1\}$  şeklinde gösterilebilir. 2 - çaprazlanmış modül tanımını elde etmek için yukarıdaki koşullara

$$2\text{CM6)} \quad {}^p \{m, m'\} = \{{}^p m, {}^p m'\}$$

şartı da eklenmelidir.



Conduche [6], Moore kompleksinin boyu 2 olan simplisel gruplar kategorisinin 2-çaprazlanmış modüller kategorisine denkliğini göstermiş, Akça ve Pak [11] ise Moore kompleksinin boyu 2 olan pseudo simplisel gruplar kategorisinin pseudo 2- çaprazlanmış modüller kategorisine denkliğini göstermiştir.

**Teorem 2.2.1.** Pseudo 2-çaprazlanmış modül kategorisi, Moore kompleksinin boyu 2 olan pseudosimplisel gruplar kategorisine denktir [11].

**İspat** Akça ve Pak [11] tarafından verilmiştir.

$$\begin{array}{ccc}
 & tr_2 PseudoSimpGrp & \\
 tr_2 \nearrow & & \nwarrow \\
 & \cos k_2 & \\
 PseudosimpGrp_{\leq 2} & \longleftrightarrow & \chi_2 Mod
 \end{array}$$

elde edilmiştir.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

### 3.1. Pseudo 3-Çaprazlanmış Modüller (Pseudo 3- Crossed Modules)

Pseudo 3-çaprazlanmış modüller kategorisini oluşturmak için ilk olarak, Conduch'e [6] nin metodundan faydalanacağız. Conduch'e [6] metodunda bir simplisel gurubun yarı direkt ayrışımını kullanarak bazı eşitlikler verdi. Bu eşitliklerin Mutlu ve Porter [8] tarafından  $n = 3$  için  $\partial_3$  altında  $F_{\alpha,\beta}$  Peiffer çiftlerinin görüntüleri olduğu ifade edilmiştir. Arvasi, Kuzpınarı ve Uslu [9] çalışmalarında Conduch'e [6] den farklı olarak direkt ayrışım yerine  $F_{\alpha,\beta}$  kullanmışlardır. Böylece  $n = 4$  için benzer eşitlikleri tanımlayarak bir 3-çaprazlanmış modülün aksiyomlarını elde etmişlerdir. Bizde Arvasi, Kuzpınarı ve Uslu [9] nun çalışmalarından faydalanarak, Pseudo 3- çaprazlanmış modül aksiyomlarını elde etmeye çalışacağız.

$G$  , Moore kompleksinin uzunluğu 3 olan bir pseudosimplisel grup olsun,  $NG_0 = N$ ,  $NG_1 = A$ ,  $NG_2 = B$ ,  $NG_3 = C$  ile bir

$$C \xrightarrow{\partial_3} B \xrightarrow{\partial_2} A \xrightarrow{\partial_1} N$$

grup kompleksi elde edilir. Burada  $N$  nin  $A, B, C$  üzerine etkisi,  $A$  nın  $B$  ve  $C$  üzerine ve  $B$  nin  $C$  üzerine etkisi

$$\begin{aligned}
 {}^n a &= s_0 n(a) s_0 n^{-1} \\
 {}^n b &= s_1 s_0 n(b) s_1 s_0 n^{-1} \\
 {}^n c &= s_2 s_1 s_0 n(c) s_2 s_1 s_0 n^{-1} \\
 {}^a b &= s_1 a(b) s_1 a^{-1} \\
 {}^a c &= s_2 s_1 a(c) s_2 s_1 a^{-1} \\
 b.c &= s_2 b(c) s_2 b^{-1}
 \end{aligned}$$

olarak tanımlanır.

$$[s_1 s_0 a s_2 s_1 \partial_1 a, c] = 1$$

$$[s_1 b s_2 s_1 \partial_2 b, c] = 1$$

$$[c', c^{-1} s_2 \partial_3 c] = 1$$

ve buradan

$$\partial_1 a c = s_1 s_0 a(c) s_1 s_0 a^{-1}$$

$$\partial_2 b c = s_1 b(c) s_1 b^{-1}$$

$$\partial_3 c \cdot c' = c(c') c^{-1}$$

dir ve

$$\partial_3(b \cdot c) = \partial_3(s_2 b(c) s_2 b^{-1})$$

$$= \partial_3 s_2 b(\partial_3 c) s_2 b^{-1}$$

$$= b(\partial_3 c) b^{-1}$$

elde edilir. Böylece  $\partial_3: C \rightarrow B$  çaprazlanmış modül olduğu gösterilmiş olur.

### 3.2. Tanım

$$C \xrightarrow{\partial_3} B \xrightarrow{\partial_2} A \xrightarrow{\partial_1} N$$

yukarıdaki gibi bir grup kompleksi olmak üzere, Peiffer liftingleri  $a, a' \in A$ , ve  $b, b' \in B$  için

$$\{ , \} : A \times A \rightarrow B$$

$$\{a, a'\} = [s_1 a, s_1 a'] [s_1 a', s_0 a]$$

$$\{ , \}_{(1)(0)} : B \times B \rightarrow C$$

$$\{b, b'\}_{(1)(0)} = [s_2 b', s_2 b] [s_1 b, s_1 b'] [s_1 b', s_0 b]$$

$$\{ , \}_{(2)(1)} : B \times B \rightarrow C$$

$$\{b, b'\}_{(2)(1)} = [s_2 b, s_2 b'] [s_2 b', s_1 b]$$

$$\{ , \}_{(0)(2)} : B \times B \rightarrow C$$

$$\{b, b'\}_{(0)(2)} = [s_2 b', s_0 b]$$

$$\{ , \}_{(1,0)(2)} : A \times B \rightarrow C$$

$$\{a, b'\}_{(1,0)(2)} = [s_2 s_0 a, s_2 b'] [s_2 b', s_1 s_0 a]$$

$$\{ , \}_{(2,0)(1)} : A \times B \rightarrow C$$

$$\{a, b'\}_{(2,0)(1)} = [s_2 s_0 a, s_2 b'] [s_2 b', s_2 s_1 a] [s_2 s_1 a, s_1 b'] [s_1 b', s_2 s_0 a]$$

$$\{ , \}_{(2,0)(1)} : B \times A \rightarrow C$$

$$\{b', a\}_{(0)(2,1)} = [s_2 s_1 a, s_2 b'] [s_1 b', s_2 s_1 a] [s_2 s_1 a, s_0 b']$$

şeklinde tanımlansın. Böylece aşağıdaki özdeşlikler elde edilir. Burada,  $a, a', a'' \in A$ ,  $b, b', b'' \in B$ ,  $c, c', c'' \in C$  olmak üzere

$\{a, \partial_3 c''\}_{(1,0)(2)}$	=	$\{a, \partial_3 c''\}_{(2,0)(1)} a(c'')^{\partial_1 a} (c''^{-1})$
$\{\partial_3 c'', a\}_{(0)(2,1)}$	=	$a(c')c'^{-1}$
$\{a, \partial_3 c\}_{(1,0)(2)}$	=	$\{a, \partial_3 c\}_{(2,0)(1)} \{\partial_3 c, a\}_{(0)(2,1)} c^{\partial_1 m} c^{-1}$
$\{b', \partial_2 b\}_{(0)(2,1)}$	=	$\{b, b'\}_{(2)(1)}^{-1} \{b', b\}_{(1)(0)}$
$\{\partial_2 b, b'\}_{(2,0)(1)}$	=	$\{b, b'\}_{(0)(2)}^{-1} [b', b]_{(2)(1)} \{b, b'\}_{(1)(0)}$
$\{\partial_2 b, b'\}_{(1,0)(2)}$	=	$(\{b, b'\}_{(0)(2)})^{-1}$
$\{b, b', b''\}_{(2)(1)}$	=	$\{b, b'\}_{(2)(1)} \partial^b b' \cdot \{b, b''\}_{(2)(1)}$
$\{bb', b''\}_{(2)(1)}$	=	$b \cdot \{b', b''\}_{(2)(1)} \{b, \partial^b b''\}_{(2)(1)}$
$\partial_3(\{b, b'\}_{(1)(0)})$	=	$[b, b'] \{\partial_2 b, \partial_2 b'\}$
$\partial_3(\{b, b'\}_{(2)(1)})$	=	$bb' b^{-1} (\partial_2 b b')^{-1}$
$\partial_3(\{b, b'\}_{(0)(2)})$	=	$\partial_3(\{\partial_2 b, b'\}_{(1,0)(2)})^{-1}$
$\partial_3(\{b, a\}_{(0)(2,1)})$	=	$a b b^{-1} \{\partial_2 b, a\}$
$\partial_3(\{a, b\}_{(2,0)(1)})$	=	$\partial_3\{a, b\}_{(1,0)(2)} \partial_1 a b^a (b^{-1}) \{a, \partial_2 b\}$
$\{\partial_3 c, b\}_{(2)(1)} \{b, \partial_3 c\}_{(2)(1)}$	=	$c^{(\partial_2 b} (c^{-1}))$
$\{\partial_3 c, b\}_{(1)(0)} \{b, \partial_3 c\}_{(1)(0)}$	=	1
$\{\partial_3 c, \partial_3 c'\}_{(2)(1)}$	=	$[c, c']$
$\{\partial_3 c, \partial_3 c'\}_{(1)(0)}$	=	$[c', c]$
$\{\partial_3 c, b'\}_{(0)(2)}$	=	1
$\{\partial_2 b, \partial_3 c\}_{(1,0)(2)}$	=	$\{b, \partial_3 c\}_{(0)(2)}^{-1}$
$\{\partial_2 b, \partial_3 c\}_{(2,0)(1)}$	=	$\{b, \partial_3 c\}_{(0)(2)} c^{(\partial_2 b} (c^{-1}))$
$\{\partial_3 c, \partial_2 b\}_{(0)(2,1)}$	=	$\partial_2 b c c^{-1}$

${}^n\{a, a'\} = \{ {}^n a, {}^n a' \}$
${}^n\{b, b'\}_{(1)(0)} = \{ {}^n b, {}^n b' \}_{(1)(0)}$
${}^n\{b, b'\}_{(2)(1)} = \{ {}^n b, {}^n b' \}_{(2)(1)}$
${}^n\{b, b'\}_{(0)(2)} = \{ {}^n b, {}^n b' \}_{(0)(2)}$
${}^n\{a, b'\}_{(1,0)(2)} = \{ {}^n a, {}^n b' \}_{(1,0)(2)}$
${}^n\{a, b'\}_{(2,0)(1)} = \{ {}^n a, {}^n b' \}_{(2,0)(1)}$
${}^n\{b', a\}_{(0)(2,1)} = \{ {}^n b', {}^n a \}_{(0)(2,1)}$

${}^n\{a', a''\} = {}^a\{a', a''\}$
${}^n\{b, b'\}_{(1)(0)} = \{ {}^a b, {}^a b' \}_{(1)(0)}$
${}^n\{b, b'\}_{(2)(1)} = \{ {}^a b, {}^a b' \}_{(2)(1)}$
${}^n\{b, b'\}_{(0)(2)} = \{ {}^a b, {}^a b' \}_{(0)(2)}$
${}^n\{a, b'\}_{(1,0)(2)} = \{ {}^a a, {}^a b' \}_{(1,0)(2)}$
${}^n\{a, b'\}_{(2,0)(1)} = \{ {}^a a, {}^a b' \}_{(2,0)(1)}$
${}^n\{b', a\}_{(0)(2,1)} = \{ {}^a b', {}^a a \}_{(0)(2,1)}$

elde edilir.

### 3.3. Tanım Grupların bir kompleksinin 3 – çaprazlanmış modülü

$$C \xrightarrow{\partial_3} B \xrightarrow{\partial_2} A \xrightarrow{\partial_1} N$$

grupların ve morfizmelerinin bir kompleksi olsun.  $N$  nin  $C, B$  ve  $A$  üzerine etkisi,  $A$  nın  $C$  ve  $B$  üzerine etkisi ve  $B$  nin  $C$  üzerine etkisi ile birlikte

$$\begin{aligned} \{ \cdot, \cdot \}_{(1)(0)} &: B \times B \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \}_{(1,0)(2)} &: A \times B \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \}_{(0)(2,1)} &: B \times A \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \}_{(0)(2)} &: B \times B \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \}_{(2)(1)} &: B \times B \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \}_{(2,0)(1)} &: A \times B \rightarrow C \\ \{ \cdot, \cdot \} &: A \times A \rightarrow B \end{aligned}$$

3 boyutlu Peiffer liftingi denilen dönüşümler için

**P-3CM1)**  $C \xrightarrow{\partial_3} B \xrightarrow{\partial_2} A$

$\{ \quad , \quad \}_{(2)(1)}$  Peiffer lifting ile bir pseudo 2 çaprazlanmış modüldür.

**P-3CM2)**  $\{ a , \partial_3 c \}_{(1,0)(2)} = \{ a , \partial_3 c \}_{(2,0)(1)} \quad {}^a(c)^{\partial_1 a}(c^{-1})$

**P-3CM3)**  $\{ \partial_3 c , a \}_{(0)(2,1)} = {}^a(c)c^{-1}$

**P-3CM4)**  $\{ a , \partial_3 c \}_{(1,0)(2)} = \{ a , \partial_3 c \}_{(2,0)(1)} \{ \partial_3 c , a \}_{(0)(2,1)} \quad (c)^{\partial_1 a}(c^{-1})$

**P-3CM5)**  $\{ b' , \partial_3 b \}_{(0)(2,1)} = \{ b , b' \}_{(2)(1)}^{-1} \{ b' , b \}_{(1)(0)}$

**P-3CM6)**  $\{ \partial_2 b , b' \}_{(2,0)(1)} = \{ b , b' \}_{(0)(2)}^{-1} [b', b]_{(b', b) \{ b' , b \}_{(2)(1)} \{ b , b' \}_{(1)(0)}}$

**P-3CM7)**  $\{ \partial_2 b , b' \}_{(1,0)(2)} = (\{ b , b' \}_{(0)(2)})^{-1}$

**P-3CM8)**  $\partial_3(\{ b , b' \}_{(1),(0)}) = [b , b'] \{ \partial_2 b , \partial_2 b' \}$

**P-3CM9)**  $\partial_3(\{ b , b' \}_{(0),(2)}) = \partial_3(\{ \partial_2 b , b' \}_{(1,0)(2)})^{-1}$

**P-3CM10)**  $\partial_3(\{ b , a \}_{(0),(2,1)}) = abb^{-1} \{ \partial_2 b , a \}$

**P-3CM11)**  $\partial_3(\{ a , b \}_{(2,0),(1)}) = \partial_3 \{ a , b \}_{(1,0)(2)} \quad {}^{\partial_1 a} b \quad {}^a b^{-1} \{ a , \partial_2 b \}$

**P-3CM12a)**  $\{ \partial_3 c , b \}_{(1)(0)} = ({}^b c)c^{-1}$

**P-3CM12b)**  $\{ b , \partial_3 c \}_{(1)(0)} = c({}^b c)^{-1}$

**P-3CM13)**  $\{ \partial_3 c , \partial_3 c' \}_{(1)(0)} = [c' , c]$

**P-3CM14)**  $\{ \partial_3 c , b' \}_{(0)(2)} = 1$

**P-3CM15)**  $\{ \partial_3 b , \partial_3 c \}_{(1,0)(2)} = \{ b , \partial_3 \}_{(0)(2)}^{-1}$

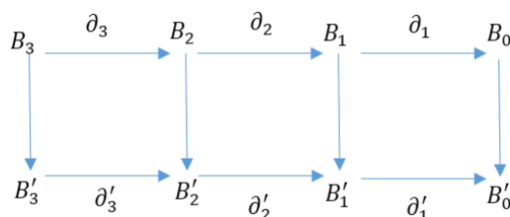
**P-3CM16)**  $\{ \partial_2 b , \partial_3 c \}_{(2,0)(1)} = \{ b , \partial_3 \}_{(0)(2)} \quad c(\partial_2 b(c^{-1}))$

**P-3CM17)**  $\{ \partial_3 c , \partial_2 b \}_{(0)(2,1)} = \partial_2 b \quad cc^{-1}$

**P-3CM18)**  $\partial_2 \{ a , a' \} = aa' a^{-1} (\partial_1 a a')^{-1}$

aksiyomları sağlanıyorsa yukarıdaki komplekse bir pseudo 3-çaprazlanmış modül ve  $(C, B, A, N, \partial_3, \partial_2, \partial_1)$  ile gösterilir.

Gruplar için pseudo 3-çaprazlanmış modül morfizimlerini,



gösterebiliriz.



$$f_1({}^n a) = (f_0({}^n))f_1(a), \quad f_2({}^n b) = (f_0({}^n))f_2(b), \quad f_3({}^n c) = (f_0({}^n))f_3(c)$$

Her  $c \in C$ ,  $b \in B$ ,  $a \in A$  için,

$$\{, \} f_2 \times f_2 = f_3 \{, \} \text{ için } \{, \}_{(0)(2)}, \{, \}_{(2)(1)}, \{, \}_{(1)(0)}$$

$$\{, \} f_1 \times f_2 = f_3 \{, \} \text{ için } \{, \}_{(1,0)(2)}, \{, \}_{(2,0)(1)}$$

$$\{, \} f_2 \times f_1 = f_3 \{, \} \text{ için } \{, \}_{(0)(2,1)}$$

$$\{, \} f_1 \times f_1 = f_2 \{, \} \text{ için } \{, \}$$

Böylece,  $\mathbf{pX}_3\mathbf{Mod}$  ile göstereceğimiz pseudo 3-çaprazlanmış modüller kategorisini tanımlayabiliriz.

### Pseudosimplisel Gruplar (Pseudosimplicial Groups)

Bir  $\mathbf{G}$ , Moore kompleksi  $\mathbf{NG}$  ile gösterilen bir pseudosimplisel grup olsun,

$$NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4) \xrightarrow{\partial_3} NG_2 \xrightarrow{\partial_2} NG_1 \xrightarrow{\partial_1} NG_0$$

grup kompleksi

$$\{, \} : NG_1 \times NG_1 \rightarrow NG_2$$

$$\{x_1, y_1\} = [s_0 x_1, s_1 y_1][s_1 y_1, s_0 x_1]$$

$$\{, \}_{(1)(0)} : NG_2 \times NG_2 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{x_2, y_2\} = \overline{[s_0 x_2, s_1 y_2][s_1 y_2, s_1 x_2][s_2 x_2, s_2 y_2]}$$

$$\{, \}_{(2)(1)} : NG_2 \times NG_2 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{x_2, y_2\} = \overline{[s_1 x_2, s_2 y_2][s_2 y_2, s_2 x_2]}$$

$$\{, \}_{(0)(2)} : NG_2 \times NG_2 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{x_2, y_2\} = \overline{[s_0 x_2, s_2 y_2]}$$

$$\{, \}_{(1,0)(2)} : NG_1 \times NG_2 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{x_1, y_2\} = \overline{[s_1 s_0 x_1, s_2 y_2][s_2 y_2, s_2 s_0 x_1]}$$

$$\{, \}_{(2,0)(1)} : NG_1 \times NG_2 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{x_1, y_2\} = \overline{[s_2 s_0 x_1, s_1 y_2][s_1 y_2, s_2 s_1 x_1][s_2 s_1 x_1, s_2 y_2][s_2 y_2, s_2 s_0 x_1]}$$

$$\{, \}_{(0)(2,1)} : NG_2 \times NG_1 \rightarrow NG_3 / \partial_4(NG_4 \cap D_4)$$

$$\{y_2, x_1\} = \overline{[s_0 y_2, s_2 s_1 x_1][s_2 s_1 x_1, s_1 y_2][s_2 y_2, s_2 s_1 x_1]}$$

Peiffer liftingleri ile birlikte bir pseudo 3 - çaprazlanmış modüldür.

**3.4. Teorem** Pseudo 3 - çaprazlanmış modüller kategorisi, Moore kompleksinin uzunluğu 3 olan pseudosimplisel gruplar kategorisine denktir.

**İspat:**  $G$ , Moore kompleksinin uzunluğu 3 olan bir pseudosimplisel grup olsun.

$$NG_3 \xrightarrow{\partial_3} NG_2 \xrightarrow{\partial_2} NG_1 \xrightarrow{\partial_1} NG_0$$

grup kompleksinin bir pseudo 3 – çaprazlanmış modül olduğunu gösterelim. Moore kompleksinin uzunluğu 3 olduğundan,  $NG_4 \cap D_4 = 1$ , böylece  $\partial_4(NG_4 \cap D_4) = 1$  elde edilir ve  $NG_3/\partial_4(NG_4 \cap D_4)$  yerine  $NG_3$  alabiliriz  $NG_4 \cap D_4$ ,

$$\tau_3: \mathbf{pSimpGrp}_{\leq 3} \rightarrow \mathbf{pX}_3\mathbf{Mod}$$

Böylece Moore kompleksinin uzunluğu 3 olan pseudosimplisel gruplar kategorisinden pseudo 3 çaprazlanmış modüller kategorisine bir fonktor vardır. Tersine;

$$C \xrightarrow{\partial_3} B \xrightarrow{\partial_2} A \xrightarrow{\partial_1} N$$

Bir pseudo 3 çaprazlanmış modül olsun.  $H_0 = N$  olmak üzere,  $N$  nin  $A$  üzerine etkisi ile  $H_1 = A \rtimes N$  yarı direkt çarpımı elde edilir

$$d_0: A \rtimes N \rightarrow N$$

$$(a, n) \mapsto n$$

$$d_1: A \rtimes N \rightarrow N$$

$$(a, n) \mapsto (\partial_1(a))n$$

$$s_0: N \rightarrow A \rtimes N$$

$$n \mapsto (1, n).$$

$(a, n) \in A \rtimes N$  için yüz ve dejenere dönüşümleri yazılabilir. Şimdi,  $A$  ve  $N$  'nin  $B$  üzerine etkisi ile,  $H_2 = (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N)$  yarı-direkt çarpımını elde ederiz.  $b \in B$ ,  $a, a' \in A$  ve  $n \in N$  için yüz ve dejenere dönüşümleri,

$$d_0: (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (A \rtimes N)$$

$$(b, a, a', n) \rightarrow (a', n)$$

$$d_1: (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (A \rtimes N)$$

$$(b, a, a', n) \rightarrow (aa', n)$$

$$d_2: (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (A \rtimes N)$$

$$(b, a, a', n) \rightarrow (\partial_2(b)a, \partial_1(a')n)$$

$$s_0: (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N)$$

$$(a', n) \rightarrow (1, 1, a', n)$$

$$s_1: (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N)$$

$$(a', n) \rightarrow (1, a', 1, n)$$

$\{, \}_{(2)(1)}$  bir pseudo 2 – çaprazlanmış modül olduğundan  $B$  nin  $C$  üzerine etkisi,  $b \in B, c \in C$  için

$${}^b c = \{\partial_3 c, b\}_{(2)(1)} c^{-1}$$

bu etkiyi kullanarak  $C \rtimes B$  yarı direkt çarpımını elde ederiz.  $(b, a) \in B \rtimes A$  nın  $(c, b) \in C \rtimes B$  üzerine etkisini kullanarak

$$\begin{aligned} ({}^{1,a})(c, b') &= {}^a ({}^1 c), {}^a ({}^1 b') \\ &= {}^a (c), {}^a (b') \\ ({}^{b,1})(c, b') &= {}^1 ({}^b c), {}^1 ({}^b b') \\ &= {}^b (c), {}^b (b') \\ &= \partial_2^b c \{\partial_3 c\}_{(2)(1)}, b b' b^{-1} \end{aligned}$$

elde edilir. Böylece

$$H_3 = (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \times (A \rtimes N)$$

Yarı direk çarpımı elde edilir. Dejenere ve yüz operatörlerimiz

$$\begin{aligned} d_0 &: = (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (c, b, b', a, a', n) \rightarrow (b', a, a', n) \\ d_1 &: = (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (c, b, b', a, a', n) \rightarrow (b, a, a', n) \\ d_2 &: = (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (c, b, b', a, a', n) \rightarrow (b b', a, a', n) \\ d_3 &: = (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (c, b, b', a, a', n) \rightarrow (\partial_3 c b, \partial_2 b' a, a', n) \\ s_0 &: = (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (b, a, a', n) \rightarrow (1, b, 1, a, a', n) \\ s_1 &: = (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (b, a, a', n) \rightarrow (1, 1, b, a, a', n) \\ s_2 &: = (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \rightarrow (C \rtimes B) \rtimes (B \rtimes A) \rtimes (A \rtimes N) \\ &\quad (b, a, a', n) \rightarrow (1, b, 1, a', n) \end{aligned}$$

Böylece 3-truncated pseudosimplisel grup  $H = \{H_0, H_1, H_2, H_3\}$  elde ederiz.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] J.H.C. Whitehead. Combinatorial Homotopy II, Bull . *American Math. Society*, 453-456, (1949).
- [2] T. Porter. Homology of Commutative Algebras and an Invariant of Simis and Vasconceles. *J. Algebra*

- 99, 458-465(1986).
- [3] R. Brown, Higher Dimensional Group Theory, Low Dimensional Topology, *London Math. Soc. Lecture Note Series*, 48, 215-238 (1982).
- [4] R. Brown. Coproducts of Crossed P-modules, Applications to Second Homotopy Groups and to the Homology of Groups, *Topology*, 23, 337-345, (1984).
- [5] R. Brown and P.J. Higgins. Colimit Theorems for Relative Homotopy Groups, *J. Pure Appl. Algebra*, 22, 248-370, (1981).
- [6] D. Conduché, Modules croisés généralisés de longueur 2, *Journal of Pure and Applied Algebra*, 34, 155-178, (1984).
- [7] P. Carrasco and A. M. Cegarra, Group-theoretic Algebraic Models for Homotopy Types, *Jour. Pure Applied Algebra*, 75, 195-235,(1991)
- [8] A. Mutlu and T. Porter, Applications of Peiffer pairing in the Moore complex of a simplicial group, *Theory and Applications of Categories*, Volume 4, No. 7, 148-173 (1998).
- [9] Z. Arvasi, T.S. Kuzpınarı and E. Ö. Uslu, Three Crossed Modules, *Homology, Homotopy and Applications*, 11 (2), 161-187.
- [10] Inasaridze, H. N.: Homotopy of pseudosimplicial groups and nonabelian derived functors and algebraic K-theory, *Math. Sbornik*, TOM, 98, (140), No: 3, 303-323 (1975).
- [11] İ. Akça and S. Pak Pseudo simplicial groups and crossed modules, *Turk J Math*, Volume 34, 475-487 (2010).
- [12] U. Cesur, Pseudo Pseudo 3- Çaprazlanmış Modüller, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, KONYA (2018)
- [13] P. Carrasco, Complejos hipercruzados, cohomologías extensiones, Ph.D. Thesis, *Universidad de Granada*, (1987).

# GLONASS'ın Kısa Bir Bazda (5 Km) Ağ Bazlı RTK Tekniklerine (VRS, FKP, MAC) Etkisi

Ömer YURDAKUL<sup>1</sup>  İbrahim KALAYCI<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, 42090, Meram, Konya, Türkiye (*Sorumlu Yazar/Corresponding Author*)

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, 42090, Meram, Konya, Türkiye

## Makale Bilgileri

### Makale Geçmişi

**Geliş:** 13.11.2020

**Kabul:** 27.12.2020

**Yayın:** 31.12.2020

### Anahtar Kelimeler:

CORS, FKP, GLONASS, GNSS, MAC, NRTK, VRS.

## ÖZET

GLONASS sistemi 2011 yılında tekrar tam kapasite çalışmaya başlaması ile Dünya'da küresel ölçekte çalışan ikinci GNSS sistemi olmuştur. Bu bağlamda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. CORS (Continuously Operating Reference Stations: Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) ağları ise Dünyada 1990'lı yıllarda anlık ve yüksek doğruluklu konum verisi ihtiyacından doğmuştur. CORS ağları, yaklaşık 70 ila 100 km mesafeli ülke çapında tesis edilmiş sabit istasyonlardan 7 gün 24 saat uydu gözlemlerini toplayan, cm doğruluğunda konum belirlenmesine olanak tanıyan, aynı zamanda ölçme sonrası büro hesaplamalarına imkân veren ve arşiv sistemine sahip ağlardır. Başta haritacılık üzere jeodezik, jeofizik ve mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, askerî ve sivil birçok alanda, uluslararası sistemler ve standartlara (IERS, IGS, ITRF vb.) uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedirler. Ülkemiz'de CORS ağı tesisine 2006 yılında başlanılmış ve 2008 yılı Aralık ayından itibaren TUSAGA-Aktif (CORS-TR) adıyla kullanımına başlanılmıştır. Bu çalışmada GLONASS'ın etkisini görebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağından Ağ Bazlı RTK (Real Time Kinematic: Gerçek Zamanlı Kinematik) teknikleri kullanılarak kısa bir bazda (5 Km) eş zamanlı ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

## The Effect of GLONASS on Network Based RTK Techniques (VRS, FKP, MAC) on a Short Baseline (5 Km)

## Article Info

### Article History

**Received:** 13.11.2020

**Accepted:** 27.12.2020

**Published:** 31.12.2020

### Keywords:

FKP, GLONASS, GNSS, MAC, NRTK, VRS.

## ABSTRACT

When GLONASS system started working at full capacity in 2011, it became the second GNSS system operating on a global scale in the world. In this context, it has been used widely. CORS (Continuously Operating Reference Stations) networks arose from the need for instantaneous and highly accurate location data in the 1990s in the world. CORS networks are networks that collect satellite observations 24/7 from fixed stations located nationwide at a distance of approximately 70 to 100 km, allow location determination in cm accuracy, and also allow office calculations after measurement and have an archive system. They serve as a network compatible with international systems and standards (IERS, IGS, ITRF, etc.) in many fields, especially in cartography, geodetic, geophysical and engineering measurements, navigation applications, GIS applications, meteorological studies, military and civilian areas. CORS network installation was started in 2006 in our country and it has been used under the name of CORS-TR (TUSAGA-Aktif) since December 2008. In this study, in order to see the effect of GLONASS, simultaneous measurements were made on a short baseline (5 Km) using Network Based RTK (Real Time Kinematic) techniques from the CORS-TR network and the results obtained were shared.



**Atf/Citation:** Yurdakul, Ö.; Kalaycı, İ. (2020). GLONASS'ın Kısa Bir Bazda (5 Km) Ağ Bazlı RTK Tekniklerine (VRS, FKP, MAC) Etkisi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 38-51.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"



## GİRİŞ (INTRODUCTION)

ABD tarafından 1970'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan ve dünyada ilk uydu bazlı global konum belirleme sistemi olan GPS, bugün başta harita sektörü olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Rusya Federasyonu tarafından GLONASS sistemi 1970'li yılların başında ABD'nin GPS sistemine rakip olarak üretilen bir proje olarak başlamış ve 2011 yılında 24 uydu takımını tamamlayarak küresel ölçekte çalışır hale gelmiştir ve GPS'ten sonra küresel ölçekte çalışan ikinci sistem olmuştur. Daha sonra Avrupa Birliği tarafından Galileo, Çin Halk Cumhuriyeti tarafından Compass-Bei-Dou gibi projelere başlanılmış fakat henüz bitirilememiştir [1]. CORS (Continuously Operating Reference Stations: Sürekli Çalışan Referans İstasyonları) ağları ise Dünyada 1990'lı yıllarda anlık ve yüksek doğruluklu konum verisi ihtiyacından doğmuştur. CORS ağları, yaklaşık 70 ila 100 km mesafeli ülke çapında tesis edilmiş sabit istasyonlardan 7 gün 24 saat uydu gözlemlerini toplayan, cm doğruluklu konum belirlemesine olanak tanıyan, aynı zamanda ölçme sonrası büro hesaplamalarına imkân veren ağlardır. Başta haritacılık olmak üzere jeodezik, jeofizik ve mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, askerî ve sivil birçok alanda, uluslararası sistemler ve standartlara (IERS, IGS, ITRF vb.) uyumlu bir ağ olarak hizmet vermektedirler. Ülkemizde CORS ağı tesisine 2006 yılında başlanılmış ve 2008 yılı Aralık ayından itibaren TUSAGA-Aktif (CORS-TR) adıyla kullanımına başlanılmıştır [2, 3].

Yapılan literatür araştırmalarında GPS, GLONASS, Galileo ve Compass-Bei-Dou gibi sistemlerin birleşik ve/veya ayrı olarak klasik RTK (Real Time Kinematic: Gerçek Zamanlı Kinematik) ve Ağ Bazlı RTK ağlarına ilişkin yapılan bilimsel çalışmalar, bir hayli fazladır. Özellikle 1983 yılında GPS'in kullanımının sivilere açılmasıyla birlikte GPS üzerine yapılan çalışmalar oldukça fazladır. Fakat GLONASS sisteminin küresel ölçekte çalışan ikinci sistem olması sebebiyle ve kullanıma açıldığı 2011 yılından bu yana GLONASS üzerine yapılan çalışmalar daha kısıtlıdır. Bu bağlamda literatürde GLONASS sistemi hakkında yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

“Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması” isimli yüksek lisans tezinde [4], GLONASS'ın küresel konum belirlemede kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 4 uygulama gerçekleştirilmiş ve uzun süreli oturumlarda GLONASS gözlemlerinin kullanılabileceği ancak GLONASS uydu sinyallerinden kaynaklanan problemler olduğunda ise yalnız kullanılamayacağı ve GPS/GLONASS sonuçlarını da olumsuz etkileyebileceği görülmüştür. “İrlanda'da Ağ RTK GNSS Hizmetlerinin Performansının Değerlendirilmesi” isimli bildiri [5], İrlanda'daki üç ticari Ağ RTK servislerinin yani SmartNet, VRS Now İrlanda ve TopNET+'in performansı ve GLONASS'ın ölçülere etkisi araştırılmıştır. Sonuçta, üç sistemin karşılaştırılabilir olduğu, yatay ve düşey doğrulukları sağladığı ve GLONASS gözlemlerini eklemenin sonuçlarda anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür. “Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Uygulamalarında Ağ Bazlı Tekniklerin Doğruluk Analizleri” isimli yüksek lisans tezinde [6], CORS-TR sisteminde aynı ölçüm koşulları sağlanarak 3 adet Ağ Bazlı RTK tekniğinin doğruluk ve hassasiyet gibi analizleri yapılmıştır. Sonuçta, en iyi sonuçlar VRS tekniğinden alınmış ve VRS yöntemi için hem sadece GPS hem de GPS/GLONASS uyduları kullanılarak ölçüm ve analizler yapılmıştır. GLONASS'ın ölçülerde anlamlı etkilerinin olduğu, fakat bazı ölçülerde ise bozucu bir etkiye de sahip olduğu görülmüştür. “RTK ve Statik Yöntemlerde GPS ve GPS/GLONASS Arasındaki Doğruluk Karşılaştırılması” isimli yüksek lisans tezinde [7], GPS ve GPS/GLONASS uyduları kullanılarak RTK ve hızlı statik yöntemlerle engelli ve engelsiz alanlarda yapılan ölçülerin nokta konum duyarlılıkları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, GLONASS'ın anlamlı bir etkisinin olduğu ve nokta konum doğruluğunu iyileştirdiği görülmüştür.

Bu çalışmada küresel çapta çalışan ikinci uydu bazlı sistem olan GLONASS'ın hizmete girdiği tarihten bu yana kısa zaman geçmesi ve üzerine yapılan bilimsel çalışmaların kısıtlı olması sebebiyle

GLONASS'ın kısa bir bazda konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. GLONASS'ın etkisini görebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağından Ağ Bazlı RTK teknikleri kullanılarak, 5 Km'lik bir bazda eş zamanlı ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

### **MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHODS)**

Materyal bölümünde; GPS ve GLONASS sistemleri ile bunların karşılaştırmaları, TUSAGA-Aktif sistemi ve Ağ Bazlı RTK teknikleri (VRS, FKP ve MAC) anlatılmıştır. Metot bölümünde ise yapılan uygulama anlatılarak elde edilen sonuçlar aktarılmıştır.

#### **GPS Sistemi (GPS System)**

ABD Askeri Kuvvetleri tarafından 1960'lara doğru askeri ve ticari amaçlar için küresel bir ağ kurmak ve ölçümlerde bulunmak amacıyla uydu bazlı konum belirleme sistemi üzerinde çalışmalara başlanılmış ve 1974 yılında navigasyon amaçlarını karşılamak amacıyla NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging – Global Positioning System: Navigasyon Uydu Zaman ve Mesafe Ölçümü – Küresel Konum Belirleme Sistemi)'in temelleri atılmıştır. GPS, 28 Haziran 1983 tarihinden itibaren sivil kullanıcılara açılmıştır. Sivilde kara, deniz, hava araçları navigasyonunda, jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmelerde, deformasyon ölçmelerinde, araç takip sistemlerinde, tarım, ormancılık, hidrografik ölçmeler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Sistemin temel çalışma prensibi, yörüngede sürekli olarak dönen 21'i aktif, 3'ü yedek 24 adet uydudan oluşur. Uyduların yaydığı radyo sinyalleri ile Dünya üzerinde bulunan bir noktadaki GPS alıcısı arasındaki süre ölçülerek, aradaki mesafe belirlenir ve böylece konum belirlemesi mümkün olur. Aralık 2020 tarihi itibarıyla 30 GPS uydusu faaliyettedir. ABD tarafından Seçmeli erişilebilirlik (SA) kullanımı, 12 Mayıs 2000 de GPS'i tüm dünyadaki sivil ve ticari kullanıcılara daha duyarlı hale getirmek için durdurulmuştur. GPS sistemi; uzay, kontrol ve kullanıcı olmak üzere üç ana bölümden oluşur. Uzay bölümü ekvator ile 55°'lik eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş orta dünya yörüngeli (MEO: Medium Earth Orbit) uydulardan oluşmaktadır. Kontrol bölümü GPS'in düzenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için kurulmuş yer istasyonlarından oluşmaktadır. Ana Kontrol İstasyonu, İzleme İstasyonları ve Yer Antenleri birimlerinden oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü ise GPS uydularından yayılan sinyaller üzerinden bilgileri alarak yeryüzündeki konumunu belirleyen kullanıcılardan oluşmaktadır [8, 9, 10, 11, 12].

#### **GLONASS Sistemi (GLONASS System)**

GLONASS sistemi, Rusya Federasyonu Silahlı Kuvvetleri Uzay Kuvvetleri Komutanlığı tarafından 1970'li yılların başında balistik füzelerinin gerçek zamanlı konum, hız tespiti ve hedeflemedeki hassasiyetini artırmak için ABD'nin GPS sistemine karşılık üretilen bir projedir. GLONASS sistemi, 1983 yılında resmi olarak ilan edilmiş ve 24 Eylül 1993 tarihinde, operasyonel 12 uyduya sahip olmasıyla birlikte askeri alanda hizmet vermeye başlamıştır. Tam operasyonel kapasiteye ise uydu sayısını 24'e tamamlamasıyla 1995 yılında ulaşmıştır. 1990'lı yılların sonuna doğru Rus ekonomisinin bozulmasıyla GLONASS sistemine yatırımlar durmuş, uyduların modernizasyonu gerçekleştirilememiş ve bu nedenle aktif uydu sayısı 2001 yılında 7 uyduya kadar düşmüştür. 2001 yılından itibaren Rusya, sistemi tekrar çalıştırmak için yatırımlarını artırmış ve 2011 yılında 24 uydu takımını tamamlayarak küresel ölçekte çalışır hale getirmiştir. GLONASS sistemi, uzay, kontrol ve kullanıcı bölümlerinden oluşmaktadır. Uzay bölümü, Aralık 2020 tarihi itibarıyla 26 adet MEO uydusundan oluşmaktadır. Yörünge eğiklik açısı 64,8° olan üç yörünge düzlemine sahip olup, boylamları arasında 120°'lik fark vardır. Her yörüngede 8 uydu vardır. Uyduların yeryüzünden yüksekliği yaklaşık 19.140 km'dir. Uydu yörüngelerinin büyük yarı eksenleri yaklaşık 25.510 km olduğundan uyduların yörüngeyi bir tam dolanım süresi 11 saat 15 dakika 44 saniye sürmektedir. Kontrol bölümü, bir sistem kontrol merkezi (SCC), iki merkezi saat tesisi (CC) ve izleme ve komut istasyonlarından (TT&C) oluşmaktadır. Kullanıcı bölümü ise GLONASS uydularının yayınladığı

verileri alabilen tüm GNSS alıcı cihazları ile kullanıcılardan oluşmaktadır [1, 8, 13, 14].

GPS sistemi ile GLONASS sisteminin karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** GPS sistemi ile GLONASS sisteminin karşılaştırılması [1] (**Table 1.** Comparison of GPS system and GLONASS system)

<b>Teknik Özellikler</b>	<b>GPS</b>	<b>GLONASS</b>
Temel Uydu Sayısı	21 asıl + 3 yedek	21 asıl + 3 yedek
Mevcut Uydu Sayısı	30	26
Yörünge Düzlemi Sayısı	6	3
Yörünge Düzlem Eğimi	55°	64.8°
Yörünge Yarıçapı (km)	26.560	25.510
Temel Saat Frekans (MHz)	10.23	5.0
Sinyal Ayırma Tekniği	CDMA	FDMA + CDMA
Taşıyıcı Frekanslar: L1 (MHz)	1575.42	1602.0 - 1615.5
L2 (MHz)	1227.60	1246.0 - 1256.5
Navigasyon Mesajı Süresi (dk)	12.5	2.5
Uydu Efemeris Bilgileri	Kepler yörünge elemanları ve bozucu etkiler	Jeosentrik kartezyen koordinat sisteminde koordinatlar ve türevleri
Zaman Referans Sistemi	UTC (USNO)	UTC (SU)
Jeodezik Datum	WGS84	PZ-90

Ayrıca günümüzde küresel ölçekte çalışmakta olan başka bir uydu bazlı sistem bulunmamaktadır. Ancak Avrupa Birliği tarafından Galileo projesi ve Çin Halk Cumhuriyeti tarafından Compass-BeiDou projesi yürütülmektedir. Bu projeler henüz kurulum aşamasında olup, bölgesel olarak hizmet vermektedirler.

#### **TUSAGA-Aktif Sistemi (CORS-TR System)**

TÜBİTAK’ın 1007 proje kod numarası ile Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif/CORS-TR sistemi) İstanbul Kültür Üniversitesi yürütücülüğünde, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Müdürlüğü müşterek müşteri olmak üzere, 8 Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Aralık 2008 itibarıyla tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir. İstasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. RTK düzeltme verileri RTCM iletişim formatındadır ve GSM, GPRS, NTRIP vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici GNSS alıcılarına gönderilmektedir. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. TUSAGA-Aktif istasyon yerlerinin seçiminde elektrik, telefon, internet ve güvenlik hususları ile zemin yapısı dikkate alınmış ve Türkiye’de ve KKTC (Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti)’de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde, Türkiye’de 142 ve KKTC’de 4 istasyon olmak üzere toplam 146 istasyon noktası tesis edilmiştir [15, 16, 17].

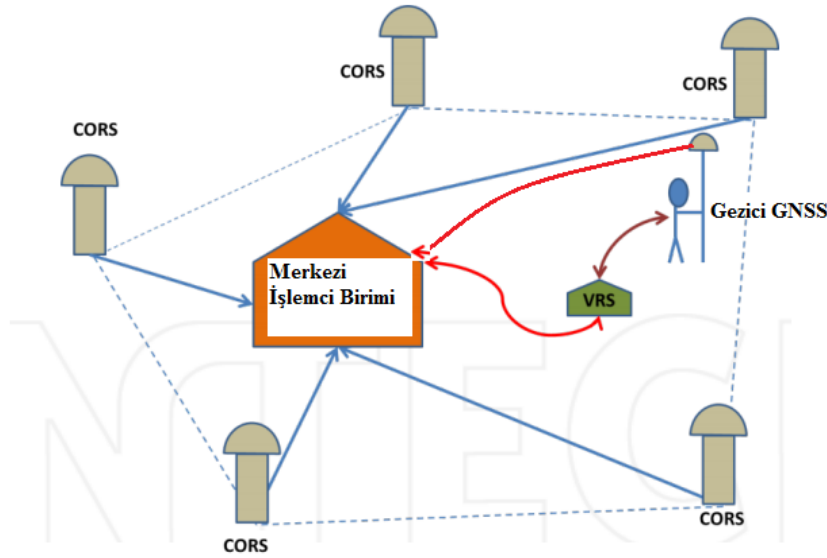
#### **Ağ Bazlı RTK Teknikleri (Network Based RTK Techniques)**

Ağ Bazlı RTK teknikleri olarak 3 adet ana yöntem belirlenmiştir. Bunlar VRS (Virtual Reference Station: Sanal Referans İstasyonu Tekniği), FKP (Flächen Korrektur Parameter: Alan Düzeltme Parametreleri) ve MAC (Master Auxiliary Concept: Ana Yardımcı Referans İstasyon Tekniği) olarak adlandırılmıştır [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

#### **VRS Tekniği (VRS Technique)**

Vollath vd. (2000) tarafından önerilen ve Trimble firması tarafından ticari amaçlar için geliştirilen ilk Ağ Bazlı RTK tekniklerindedir. VRS tekniği, gezici GNSS alıcı cihazlarındaki mevcut yazılımlarla uyumlu olması ve yazılımlarda değişiklik gerektirmemesi nedeniyle kullanılan en yaygın yöntemdir.

Bununla birlikte, yöntemin temel bir dezavantajı, VRS gözlemlerinin her bir kullanıcı için özelleştirilmesi nedeniyle, merkezi işlemci biriminin kapasitesine göre kullanıcı sayısı üzerinde bir kısıtlamanın varlığıdır. VRS tekniğinin temel prensibi, gerçek fiziksel bir referans istasyonu yerine sanal gözlem verileri kullanan sanal bir referans istasyonu kullanmasıdır (Şekil 1). VRS tekniğinde, klasik RTK yöntemi kullanılarak sağlanan doğruluğun, tesis edilmeyen ve gözle görülmeyen sanal bir nokta oluşturularak sağlanmaktadır. Gezici GNSS alıcısı için geçerli düzeltme verileri, çalışma sahasındaki birden çok referans istasyonu verisinden enterpolasyon ile hesaplanmaktadır. Böylece gezici GNSS alıcısının ölçümlerindeki bazı sistematik hatalar (iyonosferik, troposferik, yörünge vb.) en aza indirilmiş olmaktadır. VRS tekniğinin uygulanabilmesi için gezici GNSS alıcısı CORS ağı içerisinde en az 3 adet referans istasyonundan (TUSAGA-Aktif sistemi için en az 5 adet gerekli) veri alması gerekir ve gezici GNSS alıcısı iki yönlü iletişimi desteklemek zorundadır [2, 18, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30].



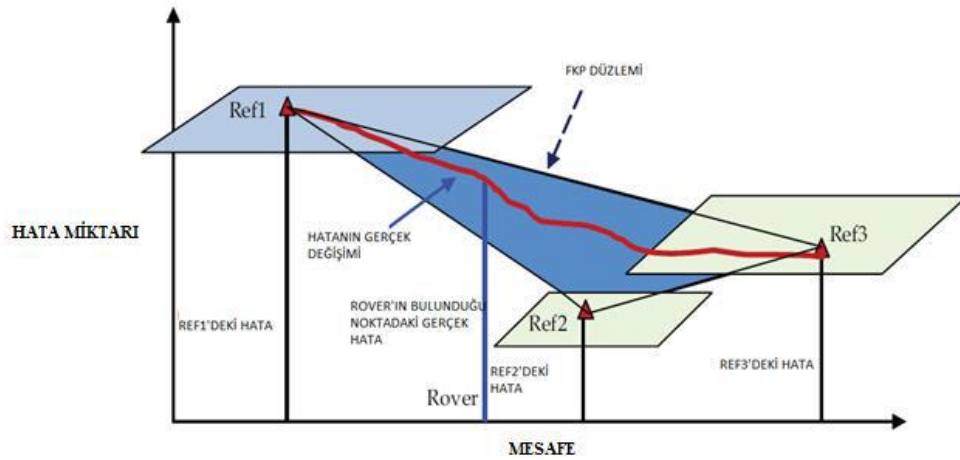
Şekil 1. VRS tekniği [18] (Figure 1. VRS technique)

### FKP Tekniği (FKP Technique)

SAPOS grubu (Almanya) tarafından geliştirilen ilk Ağ Bazlı RTK yöntemlerinden biri olan (1990'lı yılların ortalarında) FKP yönteminin temel prensibi, referans istasyonlarından hesaplanan alan düzeltme parametre bilgilerinin gezici GNSS alıcılara aktarılmasıdır. FKP, düzlem düzeltme parametreleri ismi de buradan gelmektedir. Ağdaki (referans istasyonunda) bilgiler troposferik, iyonosferik ve yörünge hatalarını modelleyebilmek amacıyla lineer parametrelerle hesaplanarak bir polinomal yüzey aracılığıyla kullanıcı için enterepolo edilir. Bu tekniğin temelinde doğrusal enterpolasyon vardır. Referans istasyonları ile gezici GNSS alıcısı arasındaki mesafe enterpolasyon işleminde ağırlıklandırma için kullanılır. Modellenen alana göre gezici GNSS alıcısı için, kuzey-güney ve doğu-batı şeklinde düzlemsel düzeltme parametreleri oluşturularak gezici GNSS alıcılara aktarılır (Şekil 2) [2, 6, 9, 19, 20, 23, 31].

### MAC Tekniği (MAC Technique)

Ana-Yardımcı Referans İstasyonu (Master Auxiliary Concept) yönteminin temel prensibi; CORS ağına ve gözlemlere ilişkin hata bilgilerinin paket halinde gezici GNSS alıcılara gönderilmesidir. Ağa ilişkin gezici GNSS alıcısına ne kadar çok bilgi gelirse alıcı kendi konumunu o kadar doğru belirleyebilir. MAC yönteminde, bir ana referans istasyonu ve onun "RTCM V3.1 Mesaj 1004" formatında tüm ham ölçü verileri ile diğer yardımcı (minimum 5 yardımcı referans istasyonu) referans istasyonlarının verileri



Şekil 2. FKP düzlemi [18] (Figure 2.FKP plane)

birlikte kullanılmaktadır (Şekil 3). MAC tekniğinde referans istasyonları ile uydular arasındaki faz uzaklıkları ortak bir belirsizlik seviyesine indirgenmektedir. Böylece ağı modellenmesinde faz bilinmeyenlerinin çözümü minimum seviyeye düşürülerek geriye kalan iyonosfer, troposfer ve uydu yörünge hataları yüksek doğruluklarla modellendirilmektedir [2, 9, 18, 19, 21, 25, 27, 28, 32].

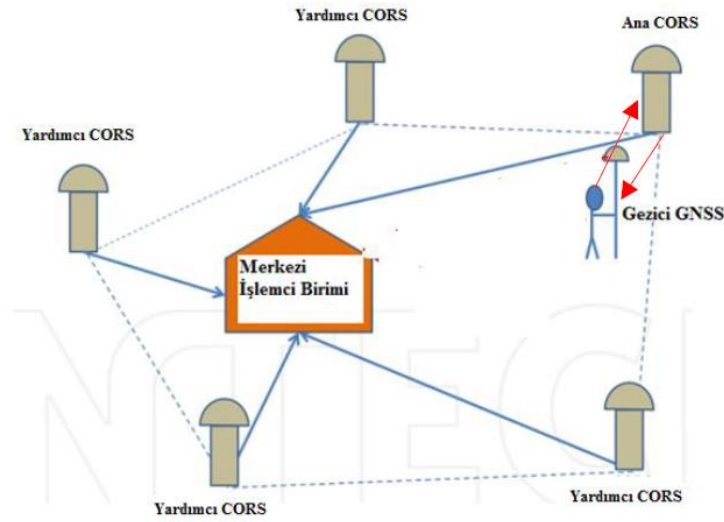
Ağ Bazlı RTK tekniklerinin özellikleri yukarıda kısaca açıklanmıştır. Tekniklerin birbirlerine göre ortak ve farklı yönleri vardır. Bunlar kısaca şu şekilde açıklanabilir. VRS ve FKP tekniklerinde düzeltme verileri modellendiği için RTCM standartlarına uygun değil ve üretici firmaya özgü iken MAC tekniğinde ise RTCM standartlarına uygun ve uluslararası standarttır. VRS tekniğinde belli bir sayının üstünde eş zamanlı kullanıcı sistemin kilitlenmesine neden olduğundan eş zamanlı kullanıcı kısıtlaması varken diğer tekniklerde böyle bir kısıtlama yoktur. VRS tekniğinde çift yönlü iletişim zorunlu iken diğer teknikler hem çift yönlü hem de tek yönlü iletişim ile kullanılabilirler. VRS ve FKP tekniklerinde en az üç referans istasyonu gerekli iken MAC tekniğinde bir ana beş yardımcı olmak üzere 6 referans istasyonu gereklidir [2, 6, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 32].

### Uygulama (Application)

GLONASS'ın kısa bir bazda etkisini belirleyebilmek amacıyla TUSAGA-Aktif ağında Karaman (KAMN) istasyonundan Beyşehir (BEYS) istasyonu güzergâhında KAMN istasyonunun 5. Km'sinde 6 adet GNSS alıcı cihazıyla eş zamanlı ölçümler yapılmıştır (Şekil 4).

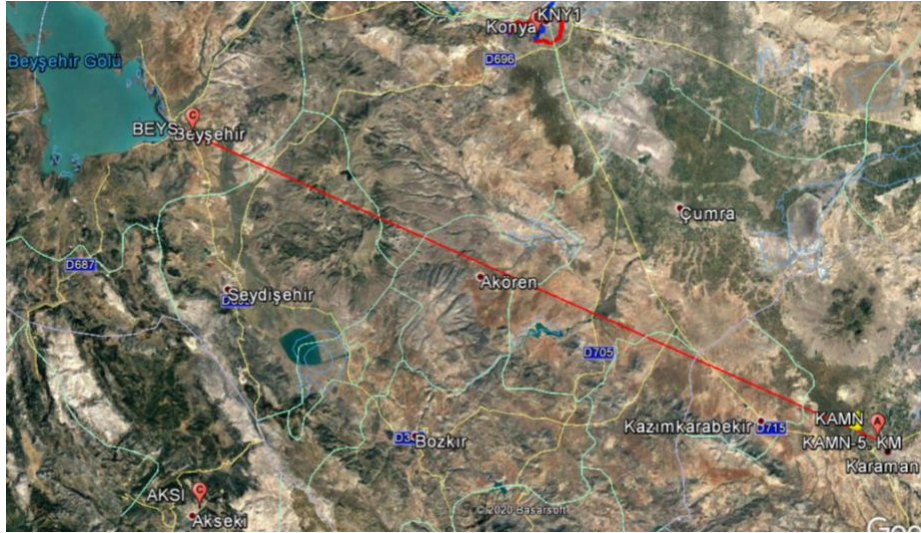
Ölçümler şu şekilde yapılmıştır. Aynı marka, model (Spectra Precision SP80 marka GNSS alıcı cihazı) ve yazılıma sahip 6 adet GNSS alıcı cihazı (1. Cihaz GPS – VRS, 2. Cihaz GPS – FKP, 3. Cihaz GPS – MAC, 4. Cihaz GPS + GLONASS – VRS, 5. Cihaz GPS + GLONASS – FKP ve 6. Cihaz GPS + GLONASS – MAC yöntemi olarak ayarlanmıştır) ile hem GPS hem de GPS+GLONASS uyduları kullanılarak eş zamanlı Ağ Bazlı RTK (VRS, FKP ve MAC) yöntemleri kullanılarak 2 + 2 saatlik, uydu yükseklik açısı  $10^\circ$  (ilk 2 saatte) ve  $30^\circ$  (son 2 saatte) şeklinde ve epok aralığı 1 saniye olarak RTK ölçümleri yapılmıştır. Ağ Bazlı RTK ölçümleri önce  $10^\circ$  sonra  $30^\circ$  olarak iki farklı yükseklik açılarında yapılmıştır. İlk Ağ Bazlı RTK ölçümlerinde, uydu yükseklik açısı sinyal yansıma ve yayılma (multipath) gibi hataları (ölçümler her ne kadar açık arazide yapılmış olsa da) elemine edebilmek için  $10^\circ$  olarak ayarlanmıştır. İkinci Ağ Bazlı RTK ölçümlerinde ise uydu yükseklik açısı  $30^\circ$  olarak ayarlanarak uydu sinyallerinin engellendiği ormanlık bölgelerde ve şehir merkezleri gibi yapılaşmış alanlarda GLONASS'ın etkisinin belirlenebilmesi hedeflenmiştir. Özellikle  $30^\circ$ 'lik ölçümlerde gözlem yapılabilecek uydu sayısı azalacağından GLONASS sisteminin katkısı açık bir şekilde ortaya koyulabilecektir. Ölçümlerde temin edilen verilerin bilgisayara aktarılması ile noktalara ait projeksiyon koordinatları (ITRF96 Datumu





Şekil 3. MAC tekniği [18] (Figure 3. MAC technique)

2005.00 Referans Epok) elde edilmiştir. Ağ Bazlı RTK yöntemlerinin ölçümler esnasında kullandığı ortalama uydu sayıları, PDOP (Position Dilution Of Precision: Konum Duyarlılık Kaybı) değerleri ve toplam ölçüm sayıları Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 4. Ölçüm yapılan noktanın Google Earth görüntüsü (Google Earth) (Figure 4. Google Earth image of the measured point (Google Earth))

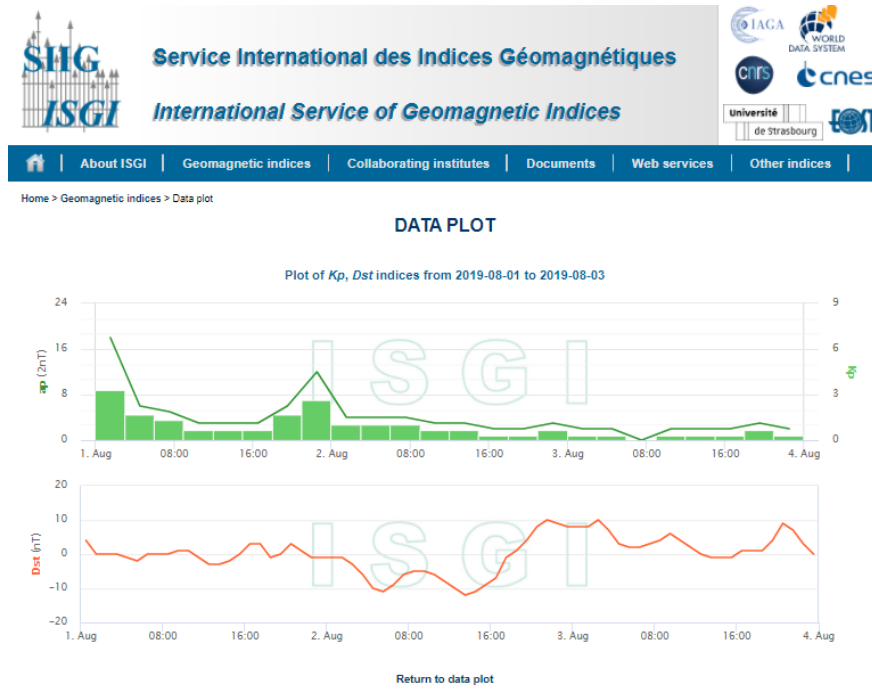
Ağ Bazlı RTK ölçümlerinin ardından cihazlara hiç temas etmeden 4 saatlik statik oturum ölçümü yapılmıştır. Statik oturum ölçümünde, GLONASS sisteminin TUSAGA-Aktif ağında etkisini gözlemleyebilmek amacıyla sadece GPS uyduları kullanılmıştır. Elde edilen veriler, Leica Geo Office 8.4 yazılımında dengelenmiş ve bulunan koordinatlar, cihaz kurulan noktaların doğru koordinatları kabul edilmiştir.

Ölçüm yapılan güne ait (02.08.2019) iyonosferik ve jeomanyetik fırtınalara ilişkin indekslerin (Dst ve Kp) uygunluğuna Uluslararası Jeomanyetik İndeksler Servisinin internet adresinden bakılarak bu tarihte ölçüme elverişli olduğu görülmüştür (Şekil 5). Dst indeksi, jeomanyetik gözlem merkezlerinden elde edilen ve jeomanyetik fırtınanın derecesi hakkında bilgi veren bir parametredir. -100 nt (Nano tesla) birimine eşit veya daha veriler jeomanyetik fırtınanın olduğunun göstergesidir. Kp indeksi ise jeomanyetik fırtınaların izlenmesinde ve incelenmesinde kullanılan bir parametredir. Kp indeksi  $0 \leq kp \leq 9$  arasında değerler almakta

**Tablo 2.** Ağ Bazlı RTK ölçümleri esnasında kullanılan ortalama uydu sayıları, PDOP değerleri ve ölçüm sayıları (Table 2. Average number of satellites, PDOP values and number of measurements used during Network Based RTK measurements)

TEKNİKLER	Ağ RTK 10°			Ağ RTK 30°		
	Uydu Sayısı	PDOP	Ölçüm Sayıları	Uydu Sayısı	PDOP	Ölçüm Sayıları
1.CİHAZ (GPS - VRS)	8	2.0	4185	5	3.5	2327
2.CİHAZ (GPS - FKP)	9	1.9	4175	5	3.5	2259
3.CİHAZ (GPS - MAC)	8	2.0	3341	5	3.5	2026
4.CİHAZ (GPS+GLO. - VRS)	13	1.4	4162	9	3.2	4027
5.CİHAZ (GPS+GLO. - FKP)	14	1.4	4201	9	3.2	4063
6.CİHAZ (GPS+GLO. - MAC)	13	1.4	4450	8	3.5	4055

olup, 5 değerine eşit veya büyük değerler jeomanyetik fırtınanın olduğunu ifade eder [18, 33, 34].



**Şekil 5.** Ölçüm yapılan tarihteki kp ve dst indeks değerleri [34] (Figure 5. Kp and dst index values on the date of measurement)

### Verilerin Analizi (Analysis of Data)

Statik oturum sonucu elde edilen cihaz kurulan noktaların gerçek koordinatları ile Ağ Bazlı RTK tekniklerinden elde edilen koordinatlar karşılaştırılmıştır. Statik oturum verilerinin prosesleri sonucunda elde edilen 3 boyutlu koordinat eksenleri yönündeki standart sapma değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Öncelikle her bir koordinat bileşeni için, bilimsel çalışmalarda genel kabul görmüş  $\pm 10$  cm’den büyük değerlerin uyuşumsuz kabul edilmesi yöntemi uygulanarak ölçü grubundan atılmıştır [35, 36]. 10°’lik ölçü grubunun toplam 24.514 adet ölçülerinde 249 adet (GPS – MAC tekniğine ait düşey yönde), 30°’lik ölçü grubunun toplam 18.757 adet ölçülerinde 2 adet (GPS+GLO. – VRS tekniğine ait düşey yönde) uyuşumsuz ölçü bulunmuş ve bu ölçüler ölçü grubundan atılarak analizlere devam edilmiştir.

Veri setleri için doğruluk (kareli ortalama hata, RMS: Root Mean Square) ve presizyon (standart

**Tablo 3.** Ölçüm noktalarının 3 boyutlu koordinat eksenleri yönündeki standart sapma değerleri (mm) (Table 3. Standard deviation values of the measurement points in the direction of the 3-dimensional coordinate axes (mm))

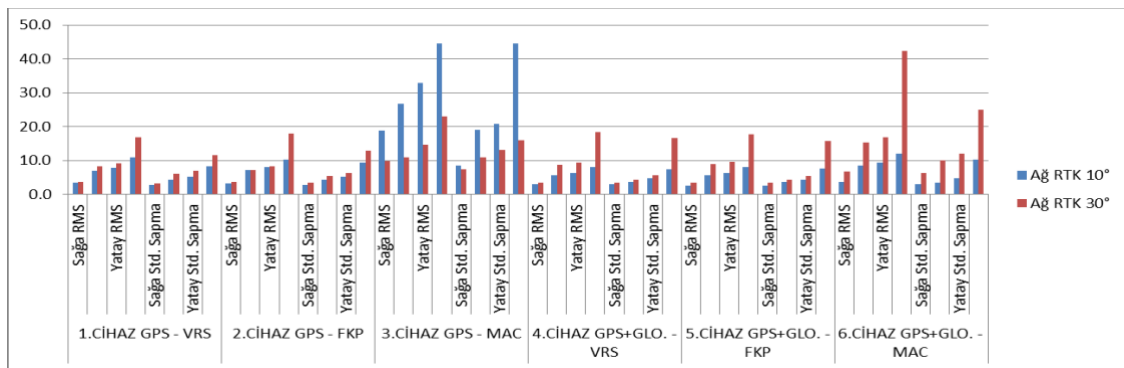
Nokta No	Sağa Standart Sapma	Yukarı Standart Sapma	Elipsoidal Yük. Standart Sapma
1. Cihaz	1.6	1.7	4.0
2. Cihaz	1.6	1.8	4.1
3. Cihaz	1.6	1.7	4.0
4. Cihaz	1.7	1.8	4.1
5. Cihaz	1.7	1.8	4.2
6. Cihaz	1.6	1.8	4.1

sapma) değerleri sağa, yukarı, yatay, elipsoidal yükseklik RMS ve sağa, yukarı, yatay, elipsoidal yükseklik standart sapma şeklinde hesaplanarak Tablo 4’de ve Şekil 6’da verilmiştir.

**Tablo 4.** RMS ve standart sapma değerleri (mm) (Table 4. RMS and standard deviation values (mm))

		GPS						GPS + GLONASS					
		VRS		FKP		MAC		VRS		FKP		MAC	
		1. Cihaz		2. Cihaz		3. Cihaz		4. Cihaz		5. Cihaz		6. Cihaz	
		Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK	Ağ RTK
Standart Sapma	Sağa	3.5	3.6	3.2	3.7	18.8	9.9	3.1	3.5	2.6	3.4	3.7	6.8
	Yukarı	6.9	8.4	7.3	7.3	26.8	10.9	5.6	8.8	5.7	9	8.6	15.3
	Yatay	7.8	9.1	8	8.2	32.8	14.7	6.4	9.5	6.3	9.6	9.3	16.8
	Elip. Yük.	11	16.8	10.3	18	44.5	23.1	8.1	18.3	8	17.7	12.1	42.3
	Sağa	2.8	3.3	2.8	3.4	8.6	7.5	3	3.5	2.6	3.4	3	6.4
	Yukarı	4.3	6.1	4.4	5.4	19.1	10.9	3.8	4.4	3.6	4.3	3.5	10.1
RMS	Yatay	5.2	7	5.2	6.4	20.9	13.2	4.8	5.7	4.4	5.5	4.7	12
	Elip. Yük.	8.4	11.6	9.3	12.9	44.5	15.9	7.5	16.6	7.7	15.8	10.2	25.1

Tablo 4 ve Şekil 6’nın incelenmesi neticesinde; RMS değerlerinin daha yüksek, standart sapma değerlerinin ise daha düşük olduğu, VRS ile FKP tekniklerinin sonuçlarının birbirlerine yakın ve MAC tekniğinden daha iyi sonuçlar verdiği, uydu yükseklik açısı 10° olan ölçülere ait değerlerin daha iyi olduğu ve GPS + GLONASS ölçümlerinin sadece GPS ölçümlerinden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 3.Cihaz (GPS – MAC tekniği) uydu yükseklik açısı 10°’lik ölçümlerin RMS ve standart sapma değerlerinin diğer tekniklerle karşılaştırıldığında normalin üzerinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak TUSAGA-Aktif sisteminin sadece GPS uyduları için gönderdiği o zaman dilimine ait MAC düzeltme verilerinde bir hata olabileceği ve/veya GNSS alıcısı cihazının anlık olarak MAC çözümlemesinde bir hata yapabileceği şeklinde değerlendirilmiştir.



**Şekil 6.** Veri setlerine RMS ve standart sapma değerleri (mm) (Figure 6. RMS and standard deviation values for data sets (mm))

Veri setlerinin doğru koordinatları ile Ağ Bazlı RTK koordinatları arasındaki farkların normal dağılımlı olup olmadıklarını anlayabilmek için normal dağılım histogramları çizdirildi. Toplam 6 cihaz, 10° ve 30°'lik ölçümleri ile 12 veri setinin üç koordinat bileşeni olmak üzere toplam 36 hata dağılım histogramı fazla yer tutacağından örnek olarak sadece 1.Cihaz GPS – VRS tekniğinin 10°'lik ölçü grubuna ait veri setinin histogramları verilmiştir (Şekil 7). Hata dağılım histogramlarının incelenmesi neticesinde hataların genellikle normal dağılımlı olduğu görülmüştür.

### BULGULAR (RESULTS)

Ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda GLONASS'ın genel olarak sonuçları iyileştirdiği fakat bazı durumlarda ise bozucu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için şu şekilde bir değerlendirme yapılabilir. Toplam 12 veri setinin (6 cihaz ile 10° ve 30°'lik ölçümler) sadece GPS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri ile GPS + GLONASS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri karşılaştırılır ve bu değerlere bakılarak GLONASS'ın iyileştirme ve bozucu etkisi tespit edilebilir. Sadece GPS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri toplam 12 ölçüttür ve bunların GPS + GLONASS ölçümlerine ait yatay ve düşey RMS değerleri ile karşılaştırılması sonucunda 7 ölçütün sonuçları iyileştirdiği görülürken 5 ölçütün ise sonuçları kötüleştirdiği (Tablo 4'ten bakılabilir) görülmüştür. Bu durumda GLONASS'ın bu doğruluk ölçütleri üzerinden iyileştirme oranı % 58 iken bozucu etkisi % 42 şeklinde ifade edilebilir.

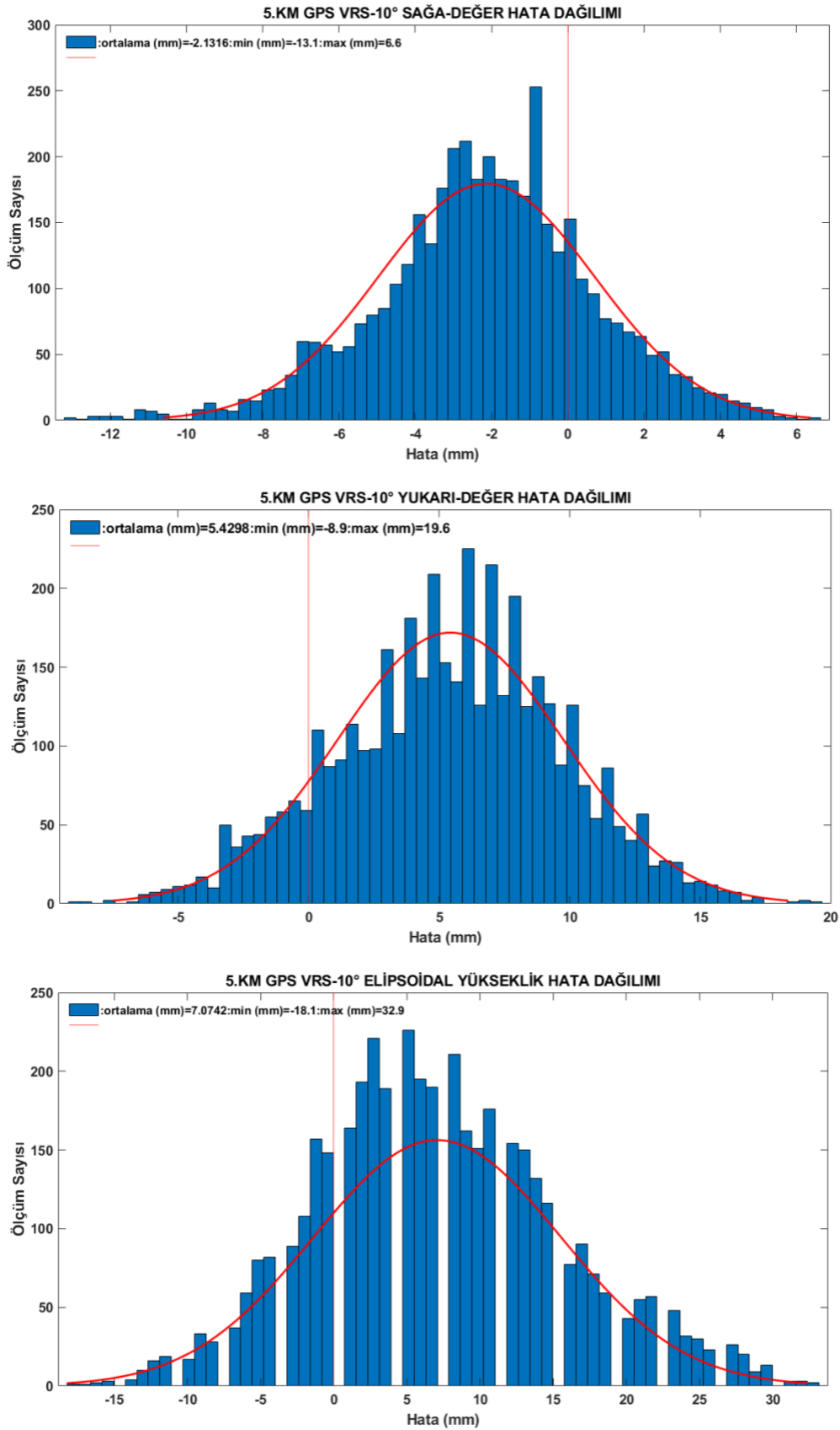
Ayrıca ölçümler sonucunda en küçük RMS ve standart sapma değerleri Tablo 5'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.** En küçük rms ve standart sapma değerleri (Table 5. Minimum rms and standard deviation values)

		En Küçük Değer (mm)	Teknik	Uydu Yük. Açısı	GNSS	Cihaz No
RMS	Sağa	2.6	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Yukarı	5.6	VRS	10°	GPS+GLONASS	4
	Yatay	6.3	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Elip. Yük.	8.0	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
Standart Sapma	Sağa	2.6	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Yukarı	3.5	MAC	10°	GPS+GLONASS	6
	Yatay	4.4	FKP	10°	GPS+GLONASS	5
	Elip. Yük.	7.5	VRS	10°	GPS+GLONASS	4

### TARTIŞMA VE SONUÇLAR (DISCUSSION AND CONCLUSIONS)

Bu çalışma ile; GLONASS sistemi, TUSAGA-Aktif sistemi ve Ağ Bazlı RTK teknikleri (VRS, FKP ve MAC) kısaca anlatılarak TUSAGA-Aktif ağında KAMN istasyonunun 5. Km'sinde yapılan bir uygulama ile GLONASS'ın kısa bir bazda konum doğruluğuna etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aktarılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda GLONASS'ın konum doğruluğuna genel olarak olumlu etkisinin olduğu, fakat bazı durumlarda bozucu bir etkisinin de olabileceği görülmüştür. Bunun sebebinin gökyüzünde uydu dağılımlarından ve/veya GPS ve GLONASS uydu sistemlerinin birlikte kullanılması durumunda kullanılan yazılımlardan kaynaklanabileceği tahmin edilmiştir. Aynı zamanda GLONASS'ın en önemli katkısının gözlem yapılan uydu sayısını arttırarak özellikle uydu yükseklik açısının 30° olan ölçümlerde, gerekli uydu sayısının sağlandığı ve PDOP değerlerini düşürdüğü, uydu yükseklik açısının daraldığı bölgelerde (şehir merkezleri, ormanlık alanlar gibi) GLONASS uyduları ile ölçümlerin yapılabilirliğini arttırdığı tespit edilmiştir. Ağ Bazlı RTK yöntemleri (VRS, FKP ve MAC) arasında bir değerlendirme yapılması durumunda doğruluk ve prezisyon değerleri esas alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarının birbirlerine yakın olmasına karşın bir sıralama yapmak gerekirse FKP, VRS ve MAC şeklinde yöntemlerin daha doğru ve prezisyonlu sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. Uydu yükseklik açılarına göre (10° ve 30°'lik ölçümler) bir karşılaştırma yapılması durumunda 10°'lik ölçümlerin



Şekil 7. GPS – VRS 10°'lik veri setlerinin koordinat bileşenlerine ait hata dağılım histogramları  
 (Figure 7. Error distribution histograms of coordinate components of GPS - VRS 10 ° data sets)



daha doğru ve prezisyonlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışma GLONASS'ın kısa bir bazda (5 Km) etkisi üzerine sonuçları verdiği için, uzun bazlardaki etkisinin tespit edilebilmesi için uzun bazlarda ölçümler yapılarak sonuçlarının değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

#### **Finansal destek (Funding)**

Bu çalışma, Necmettin Erbakan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 191419001 nolu proje ile desteklenmiştir.

#### **Teşekkür (Acknowledgements)**

Bu makale, ilk yazarın doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

#### **KAYNAKÇA (REFERENCES)**

- [1] Kahveci, M., ve Yıldız, F., GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori – Uygulama, 8. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., No:363, Ankara, 2017.
- [2] Jin, S., Global Navigation Satellite Systems Signal, Theory and Applications, 1. Basım, InTech Yayınları, Hırvatistan, 2012.
- [3] Kahveci, M., Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2009/1, Sayı 100, 2009.
- [4] Alçay, S., Küresel Konumlamada GLONASS'ın Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2010.
- [5] Martin, A. ve McGovern E., An Evaluation of the Performance of Network RTK GNSS Services in Ireland, *FIG Working Week 2012*, İtalya, 2012.
- [6] Ögütçü, S., S., Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Uygulamalarında Ağ Bazlı Tekniklerin Doğruluk Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2014.
- [7] Abdulmajed, R., İ., A., Accuracy Comparison Between GPS Only And GPS Plus Glonass in RTK And Static Methods, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2017.
- [8] Teunissen, P., J., G. and Montenbruck, O., Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems, Springer International Publishing, İsviçre, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-42928-1.
- [9] Yüksel, H., Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Referans Ağlarının (CORS) Baz Uzunluğuna Bağlı Doğruluk Analizi: TUSAGA-Aktif Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2015.
- [10] Gündüz, A., M., Klasik RTK ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2013.
- [11] Kalaycı, İ., GPS Destekli Detay Alımında Yeni Bir Teknik (GPSSİT)'in Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2003.
- [12] GPS Resmi Web Sayfası <https://www.gps.gov/systems/gps/space/> (erişim 23 Aralık 2020).
- [13] İçen, E., Küresel ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri ve Uygulamaları, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*, Ankara, 42 – 58, 2018.
- [14] GLONASS Resmi Web Sayfası <https://www.glonass-iac.ru/GLONASS/index.php> (erişim 23 Aralık 2020).
- [15] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S. ve Mekik, Ç., TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2011/2 Özel Sayı,



Ankara, 2011.

- [16] Cingöz, A., Yıldırım, Ö., Eren, K., Uzel, T., Lenk, O., Gürdal, M., A., Bakıcı, S., ve Aktuğ, B., Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif/CORS-TR), 2009.
- [17] CORS-TR Uygulama Raporu, TÜBİTAK Ulusal CORS (Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonu) Sisteminin Kurulması (Ulusal Datum Dönüşümü) Projesi, Proje No: 105G017, TÜBİTAK, 2006.
- [18] Öğütçü, S., S., Ağ Bazlı RTK Tekniklerinin (VRS, FKP, MAC) Baz Uzunluğu ve Epok Sayısına Bağlı Doğruluk ve Duyarlık Modellerinin Oluşturulması Üzerine Bir Çalışma, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 2017.
- [19] Jin, S., *Satellite Positioning Methods, Models and Applications*, Published by AvE4EvA, 2015, doi: 10.5772/59083.
- [20] Wübbena, G., Bagge, A. and Schmitz, M., Network-Based Techniques for RTK Applications, *GPS Society, Japan Institute of Navigation*, 14 – 16 November 2001, Tokyo, Japan, 2001.
- [21] Euler, H. J., Keenan, C. R., Zebhauser, B. E. and Wübbena, G., Study of a Simplified Approach in Utilizing Information From Permanent Reference Station Arrays, *ION GPS 2001*, Salt Lake City, USA, 2001.
- [22] Vollath, U., Buecherl, A., Landau, H., Pagels, C. and Wagner, B., Multi-Base RTK Positioning Using Virtual Reference Stations, *Proceedings of 13th International Technical Meeting of the Satellite of the ION*, Salt Lake City, USA, 2000, 123-131.
- [23] Wübbena, G. and Bagge, A., RTCM Message Type 59-FKP for transmission of FKP, *Geo++ White Paper*, Nr: 2006.01, Garbsen, Germany, 2006.
- [24] Landau, H., Vollath, U. and Chen, X., Virtual Reference Station Systems, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 1, No: 2, 137-143, 2003.
- [25] Brown, N., Geisler, I. and Troyer, L., RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 5, No: 1-2, 135-144, 2006.
- [26] Yılmaz, M., Farklı Uydu Yükseklik Açılarında Ağ-RTK Düzeltme Tekniklerinin Performanslarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, 2020.
- [27] Kahveci, M., Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, 2. Basım, *Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.*, No:1813, Ankara, 2017.
- [28] Janssen, V., A comparison of the VRS and MAC principles for network, *International Global Navigation Satellite Systems Society IGSS Symposium 2009*, 1 – 3 December 2009, Qld, Australia, 2009.
- [29] Hu, G., R., Khoo, H., S., Goh, P., C. and Law, C., L., Development and assessment of GPS virtual reference stations for RTK positioning, *Journal of Geodesy*, Vol: 77, 292–302, 2003.
- [30] Wei, E., Chai, H., An, Z. and Liu, J., VRS Virtual Observations Generation Algorithm, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol: 5, No: 1-2, 76-81, 2006.
- [31] Higuchi, H., Saito, M., Iwahashi, T. and Usui, S., Network based high accuracy realtime GPS positioning for GCP correction of high resolution satellite imagery, *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 20-24 Sept. 2004, Anchorage, AK, USA, 2004.
- [32] Euler, H. J., Real-time RTK messages for permanent reference station applications standardized by RTCM, *Symposium of the IAG*, 9 – 10 October 2006, Munich, Germany, 2006.
- [33] İnyurt, S. ve Şentürk, E., Manyetik Fırtına Kaynaklı İyonosferik Değişimlerin GNSS Ölçümleri Kullanılarak İrdelenmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), Bitlis, 288 – 296, 2020.
- [34] Uluslararası Jeomanyetik İndeksler Servisi [http://isgi.unistra.fr/data\\_plot.php](http://isgi.unistra.fr/data_plot.php) (erişim 02 Kasım 2020).

- [35] Ögütçü, S., and Kalaycı, İ., Accuracy and precision of network-based RTK techniques as a function of baseline distance and occupation time, *Arabian Journal of Geosciences*, Vol: 11, No: 354, <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3712-2>, 2018.
- [36] Geng, J. and Shi, C., Rapid initialization of real-time PPP by resolving undifferenced GPS and GLONASS ambiguities simultaneously, *J. Geod.* Vol: 91, 361–374, <https://doi.org/10.1007/s00190-016-0969-7>, 2017.

## Kronik Böbrek Yetmezliği Hastalarında Renal ve Tiroid Fonksiyon Testlerinin Değerlendirilmesi

Mustafa YÖNTEM<sup>1</sup>  Birgül Gülşah ERBİL<sup>2</sup>  Behiç Selman ERDOĞDU<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan University, Faculty of Science, Department of Biotechnology, 42090, Meram, Konya, Turkey, (Sorumlu Yazar/Corresponding Author)

<sup>2</sup>Dumlupınar University, Institute of Graduate Education, Department of Biology, 43100, Kütahya, Turkey

<sup>3</sup>Necmettin Erbakan University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, 42090, Meram, Konya, Turkey

### Makale Bilgileri

**Makale Geçmişi**  
Geliş: 15.09.2020  
Kabul: 19.10.2020  
Yayın: 31.12.2020

**Anahtar Kelimeler:**  
Kronik Böbrek Yetmezliği,  
Hemodiyaliz,  
Tiroid fonksiyon testleri.

### ÖZET

Böbreğin, normalde tiroid hormonlarının metabolizmasında, parçalanmasında ve atılmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bu durumda böbrek fonksiyonunda meydana gelen bir bozulmanın, tiroid fizyolojisini de etkilemesi beklenmektedir. Çalışmamızda; hemodiyaliz tedavisi gören kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda, tek bir hemodiyaliz seansının tiroid fonksiyonuna etkisini araştırmayı ve hemodiyaliz hastalarında tiroid fonksiyon testleri ve bazı biyokimyasal parametreleri sağlıklı gruplarla karşılaştırmayı amaçladık. 29 hastadan (ortalama yaş:  $46.17 \pm 14.93$ ) diyaliz öncesi ve sonrasında aldığımız kan örnekleri ile kontrol grubu olan 28 sağlıklı katılımcıdan (ortalama yaş:  $40.79 \pm 14.42$ ) aldığımız kan örnekleri otoanalizör ile analiz edildikten sonra istatistiksel olarak değerlendirildi. Diyaliz öncesi ve sonrası örnekler karşılaştırıldığında  $TT_4$ ,  $FT_3$  ve  $FT_4$  değerleri istatistiki olarak anlamlı bulundu (sırasıyla  $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  ve  $p < 0.05$ ). Ayrıca; diyaliz sonrası ve kontrol grubunun örnekleri incelendiğinde,  $TT_3$  ve TSH düzeylerinde bir anlamlılık tespit edilmezken ( $p > 0.1$ ), aynı grubun  $TT_3$  ( $p < 0.01$ ),  $FT_3$  ( $p < 0.001$ ) ve TSH ( $p < 0.05$ ) değerleri arasında istatistiki olarak önemli düzeyde bir anlamlılık tespit edilmiştir. Buna ek olarak, diyaliz öncesi grupta kreatinin- $FT_4$  ( $p < 0.01$ ) ve diyaliz sonrası grupta kreatinin-üre ( $p < 0.001$ ) değerlerinin de pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda tiroid bozukluklarının teşhisinde tiroid fonksiyon testlerinin önemini değerlendirerek tiroid fonksiyon testlerinin hemodiyaliz hastalarının tedavisinde önemli olabileceği kanaatine vardık.

## Evaluation of Renal and Thyroid Function Tests in Chronic Renal Failure Patients

### Article Info

**Article History**  
Received: 15.09.2020  
Accepted: 19.10.2020  
Published: 31.12.2020

**Keywords:**  
Chronic renal failure,  
Hemodialysis,  
Thyroid function tests.

### ABSTRACT

It is known that the kidney normally plays an important role in the metabolism, degradation and excretion of several thyroid hormones. Accordingly, deterioration in renal function is expected to lead to disturbing thyroid physiology. In the study, we aimed to investigate the effect of a single hemodialysis session on thyroid function in patients with chronic renal failure that have hemodialysis treatment, and also to compare thyroid function tests and some biochemical parameters in hemodialysis patients with healthy groups. We collected blood samples which were drawn pre- and after-dialysis sessions from 29 patients (mean age:  $46.17 \pm 14.93$ ) and 28 healthy participants (mean age:  $40.79 \pm 14.42$ ) as control group, and analysed using an autoanalyzer followed by statistical analysis.  $TT_4$ ,  $FT_3$  and  $FT_4$  values were found statistically significant ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.05$  and  $p < 0.05$ , respectively) in comparison of pre- and post-dialysis samples. Also, the findings of the study revealed that there was a significant difference only among the parameters of  $TT_3$  ( $p < 0.01$ ),  $FT_3$  ( $p < 0.001$ ) and TSH ( $p < 0.05$ ) for the healthy participants and dialysis group in spite of any statistically significance was not detected in the values of  $TT_3$  and TSH parameters of the same group ( $p > 0.1$ ). In addition, statistical results proved that creatinine -  $FT_4$  values ( $p < 0.01$ ) in the pre-dialysis group and creatinine-urea values in the post-dialysis group ( $p < 0.001$ ) were correlated positively. We evaluated the significance of the thyroid function tests during the diagnosis of thyroid disorders in patients with chronic kidney failure in the present study and found that thyroid function tests could be crucial for the treatment of hemodialysis patients.



**Atıf/Citation:** Yontem, M.; Erbil, BG.; Erdogdu, BS. (2020). Evaluation of Renal and Thyroid Function Tests in Chronic Renal Failure Patients, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2(2), 52-57.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)"

## INTRODUCTION

The relationship between kidney and thyroid function is a well-known phenomenon for many years [1]. Chronic renal failure (CRF) is characterized by the progressive and irreversible loss of nephrons. CRF has become an epidemic due to its increasing incidence and prevalence worldwide with adverse health outcomes and high costs [2,3]. A part of the metabolic wastes originated from various organ and/or system disorders are removed by hemodialysis procedure. The endocrine abnormalities are commonly observed in CRF patients. Kidneys play an important role in the metabolism, degradation and excretion of thyroid hormones. Thyroid hormones are very crucial in the CRF patients by reason of their influence on the homeostasis of body fluids, vascular resistance and blood pressure [4,5]. Renal function of the patients with chronic kidney disease is affected by various reasons such as decreased thyroid hormone concentration in the circulation, damaged peripheral hormone metabolism, deficient binding to carrier proteins, reduced thyroid hormone content in the tissue and increased iodine deposition in the thyroid glands [6,7]. Chronic renal disease affects the hypothalamus-pituitary-thyroid triangle and the peripheral metabolism of thyroid hormones. Even though most hemodialysis patients are euthyroid [8], subclinical hyperthyroidism and reduced T<sub>3</sub> levels are the most common findings in these patients [9]. And, possible loss of hormone via hemodialysis fluid and heparin used for hemodilution during the procedure could affect serum lipids and thyroid hormones. The aim of this study is to compare the urea, creatinine, and thyroid function indicators and reveal the significance of these parameters in hemodialysis patients.

## MATERIAL AND METHODS

29 hemodialysis patients who were followed and treated in the Hemodialysis Unit of Eskişehir State Hospital, Eskişehir, Turkey and 28 healthy individuals were included in the study. This study was performed within the guidelines of the Helsinki Declaration. All participants were informed about the objective of this research. Patient group was checked up before the blood samples were taken whether the existence of any disorder except CRF or not. Cases with any additional disorder to CRF were not included in the study group. 10-12 ml of blood samples were drawn into vacutainer tubes from arm vein with avoiding any formation of stasis or hemolysis and centrifuged at 4000 rpm for 5 minutes. The parameters of urea, creatinine, total T<sub>3</sub> (TT<sub>3</sub>), total T<sub>4</sub> (TT<sub>4</sub>), free T<sub>3</sub> (FT<sub>3</sub>), free T<sub>4</sub> (FT<sub>4</sub>) and thyroid stimulating hormone (TSH) were analyzed in Roche Hitachi 7180 clinical autoanalyzer (Hitachi, Tokyo, Japan; reagents from Roche Diagnostics, Mannheim, Germany) by using commercial kits of the same brand. All our analyses from the samples obtained were carried out immediately.

Any differences in parameters between control group and dialysis groups were tested for significance by two-tailed unpaired t-test. And, paired t-test was used for any differences in parameters between patients before dialysis (BD) and after dialysis (AD) groups.  $p < 0.05$  was considered to be statistically significant. Also, Pearson's correlation analysis was achieved measure the strength of a linear association between parameters. The statistical analysis of our findings was carried out by using "GraphPad Prizm 3.03" program.

## RESULTS

The study group consisted of 14 female ( $43.64 \pm 13.77$ ) and 15 male ( $48.53 \pm 16.05$ ) patients and the control group consisted of 14 healthy women ( $35 \pm 10.57$ ) and 14 healthy men ( $46.57 \pm 15.75$ ) who have normal kidney function tests, have no known disease, do not smoke and use alcohol, and are suitable for the same age average (Table 1). The results of analyzed blood samples which were taken before and after the dialysis session were compared with the control group (Table 2 and Table 3).

Statistical results of pre- and post-dialysis data of the patient group reveals that TT<sub>4</sub>, FT<sub>3</sub> and FT<sub>4</sub> values were significantly increased ( $p < 0.0001$ ) after dialysis session in comparison of pre-dialysis samples.

**Table 1.** Demographic distribution of the cases.

	Hemodialysis Group		Control Group	
	Men	Women	Men	Women
<b>n* (Population)</b>	15	14	14	14
<b>Age Average</b>	48.53 ± 16.05	43.64 ± 13.77	46.57 ± 15.75	35 ± 10.57
<b>Σ Age average</b>	46.17 ± 14.93		40.79 ± 14.42	
<b>Number of years on dialysis</b>	7.57 ± 4.95	7.28 ± 4.51		
<b>Number of days of dialysis per week</b>	3 ± 0.65	2.86 ± 0.36		

n\*: Number of cases participating in the study.

**Table 2.** The comparison of kidney function results in the study and control groups.

Parameters <sup>1</sup>	Group <sup>2</sup>	Mean ± SD <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>
<b>Urea</b> (mg/dL)	CG	28.44 ± 6.22	17.39	p < 0.001***
	BD	124.6 ± 28.59		
	CG	28.44 ± 6.22	5.02	p < 0.0001****
	AD	41.88 ± 12.77		
	BD	124.6 ± 28.59		
	AD	41.88 ± 12.77		
<b>Creatinine</b> (mg/dL)	CG	0.84 ± 0.21	14.64	p < 0.0001****
	BD	7.6 ± 2.45		
	CG	0.84 ± 0.21	12.98	p < 0.0001****
	AD	3.01 ± 0.86		
	BD	7.6 ± 2.45		
	AD	3.01 ± 0.86		

<sup>1</sup>: Biochemical parameters; <sup>2</sup>: Groups; AD: after dialysis, BD: before dialysis, CG: control group; <sup>3</sup>: mean and standard deviation of results; <sup>4</sup>: t test values; <sup>5</sup>: p significance values. \*: \* borderline, \*\* normal, \*\*\* high, \*\*\*\* very high

Besides, any significance was not detected on TT<sub>3</sub> and TSH levels of the same group (p > 0.1). Contrary to this, TT<sub>3</sub>, FT<sub>3</sub> and TSH levels were statistically significant (p < 0.01, 0.0001 and p < 0.05; respectively) in comparison of post-dialysis group with healthy volunteers. TT<sub>3</sub>, TT<sub>4</sub>, FT<sub>3</sub> and FT<sub>4</sub> results of pre-dialysis samples of the patient group were found statistically significant (p < 0.01, p < 0.001, p < 0.0001 and p < 0.001; respectively) when they compared with healthy volunteers. Moreover, creatinine - FT<sub>4</sub> values of pre-dialysis samples and creatinine - urea values of the post-dialysis samples of patient group were positively correlated (p < 0.01 and p < 0.001, respectively) (Table 2 and Table 3).

As seen on Table 2, statistically significance was found on the Urea and Creatinine parameters when pre- and post-dialysis values of patients compared with the control group (p < 0.001; p < 0.0001 p < 0.0001; p < 0.0001; respectively).

In our correlation analysis between obtained results of all three groups, a statistically positive correlation was found between urea-TSH, creatinine-FT<sub>3</sub> and creatinine-FT<sub>4</sub> values in our control group (p < 0.01 and p < 0.001, r = -0.445 and r = 0.461, r = 0.579). In our pre-dialysis group, there was a statistically positive correlation between creatinine-FT<sub>3</sub> (p < 0.04 and r = -0.382). Also, a positive correlation between creatinine-urea values in our post-dialysis group (p < 0.0001 r = 0.0713) has been identified.

## DISCUSSION

Various studies have demonstrated that TT<sub>3</sub>, TT<sub>4</sub> and TSH levels decrease in both CRF [10–13] and hemodialysis patients similarly [14,15]. Most hemodialysis patients are considered euthyroid according to common opinion, hence, hypothyroidism is rarely seen in these patients [16]. Hemodialysis is associated with the change in the concentration of thyroid hormones in the circulation. The decrease of TT<sub>3</sub> and FT<sub>3</sub>

**Table 3.** The comparison of thyroid function results in the study and control groups.

Parameters <sup>1</sup>	Group <sup>2</sup>	Mean $\pm$ SD <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>
TT <sub>3</sub> (ng/mL)	CG	1.18 $\pm$ 0.21	2.99	p < 0.01**
	BD	0.99 $\pm$ 0.25		
	CG	1.18 $\pm$ 0.21	3.16	p < 0.01**
	AD	0.99 $\pm$ 0.22		
	BD	0.99 $\pm$ 0.25	0.077	p > 0.1
	AD	0.99 $\pm$ 0.22		
TT <sub>4</sub> ( $\mu$ g/dL)	CG	8.35 $\pm$ 1.57	5.22	p < 0.001***
	BD	6.13 $\pm$ 1.63		
	CG	8.35 $\pm$ 1.57	0.40	p > 0.1
	AD	8.15 $\pm$ 2.23		
	BD	6.13 $\pm$ 1.63	8.83	p < 0.0001****
	AD	8.15 $\pm$ 2.23		
FT <sub>3</sub> (pg/mL)	CG	3.17 $\pm$ 0.58	7.36	p < 0.0001****
	BD	2.23 $\pm$ 0.36		
	CG	3.17 $\pm$ 0.58	5.09	p < 0.0001****
	AD	2.50 $\pm$ 0.39		
	BD	2.23 $\pm$ 0.36	4.95	p < 0.0001****
	AD	2.50 $\pm$ 0.39		
FT <sub>4</sub> (ng/mL)	CG	1.24 $\pm$ 0.20	3.29	p < 0.001***
	BD	1.04 $\pm$ 0.26		
	CG	1.24 $\pm$ 0.20	0.66	p > 0.1
	AD	1.20 $\pm$ 0.27		
	BD	1.04 $\pm$ 0.26	8.46	p < 0.0001****
	AD	1.20 $\pm$ 0.27		
TSH (IU/mL)	CG	2.67 $\pm$ 1.13	1.29	p > 0.1
	BD	2.20 $\pm$ 1.55		
	CG	2.67 $\pm$ 1.13	1.81	p < 0.05*
	AD	2.06 $\pm$ 1.38		
	BD	2.20 $\pm$ 1.55	1.62	p > 0.1
	AD	2.06 $\pm$ 1.38		

<sup>1</sup>: Biochemical parameters; <sup>2</sup>: Groups; AD: after dialysis, BD: before dialysis, CG: control group; <sup>3</sup>: mean and standard deviation of results; <sup>4</sup>: t test values; <sup>5</sup>: p significance values. \*: \* borderline, \*\* normal, \*\*\* high, \*\*\*\* very high

concentrations in blood can cause a number of serious disorders such as systemic acidosis, dialysis, endothelial damage, cardiac dysfunction and inflammation [17]. In our study, TT<sub>3</sub>, TT<sub>4</sub>, FT<sub>3</sub> and FT<sub>4</sub> results of pre-dialysis samples of the patient group were lower and statistically significant compared to the healthy individuals.

Concentrations of TT<sub>3</sub>, TT<sub>4</sub>, FT<sub>3</sub> and FT<sub>4</sub> are usually normal in CRF patients, however, they might be lower than normal in some cases. The decrease in T<sub>3</sub> concentration due to decline in peripheral synthesis of T<sub>3</sub> from T<sub>4</sub> is the most common thyroid change in hemodialysis patients.

Chronic metabolic acidosis associated with CRF may contribute to the emergence of this decline. In addition to this, drugs used for anti-coagulation during hemodialysis have been reported to affect thyroid function test results [17,18].

In this study, we found that TT<sub>4</sub> levels were raised significantly in post-dialysis group while the difference between pre- and post-dialysis values of TT<sub>3</sub> was not significant. The difference in the levels of TT<sub>3</sub> between pre-dialysis and healthy individuals was also statistically significant. When levels of post-dialysis samples and healthy individuals were compared, the difference according to pre-dialysis results was smaller but meaningful statistically. While TT<sub>4</sub> levels of healthy individuals and pre-dialysis were statistically very significant, any



significance was not detected in the post-dialysis group.

Many researchers have indicated that CRF patients exhibit normal TSH levels and classified them as euthyroid [8,19,20]. Conversely, in one study, patients were classified as subclinical hypothyroidism due to minor changes in TSH levels [21]. In our study, any statistical significance was not found even though TSH levels of patient group were lower than the healthy individuals.

Plasma FT<sub>3</sub> levels are low in patients with end-stage renal disease. Besides, it has been stated that FT<sub>3</sub> ranges acutely and reversibly during the inflammatory process triggered by various infections that may occur in individuals with chronic renal disease [17–19]. The FT<sub>3</sub> values in our study are consistent with these findings. In comparison of the healthy individuals, both the pre and after dialysis groups were statistically significant. While FT<sub>4</sub> values of our control group compared with pre- and post-dialysis results were not statistically significant, whereas FT<sub>4</sub> results of the pre- and post-dialysis groups were significant.

## CONCLUSION

As a result; from a clinical point of view, testing for thyroid function is usually sufficient in patients with kidney disease, but the effects of hypothyroidism and hyperthyroidism on renal function should be considered for the removal of the diagnostic errors. Since the drugs used in the treatment of thyroid and kidney diseases may lead to changes in the pathophysiology of these organs, the differences that may be encountered in thyroid function tests in acute or chronic renal diseases should also be considered.

## REFERENCES

- [1] A.I. Katz, D.S. Emmanouel, M.D. Lindheimer, Thyroid hormone and the kidney, *Nephron*. 15 (1975) 223–249.
- [2] G. Süleymanlar, Kronik böbrek hastalığı ve yetmezliği: tanımı, evreleri ve epidemiyolojisi, *Türkiye Klinikleri Dahili Tıp Bilimleri Dergisi*. 3 (2007) 1–7.
- [3] A.S. Levey, J. Coresh, E. Balk, A.T. Kausz, A. Levin, M.W. Steffes, R.J. Hogg, R.D. Perrone, J. Lau, G. Eknoyan, National Kidney Foundation practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification, *Annals of Internal Medicine*. 139 (2003) 137–147.
- [4] W.J. Kalk, J.E. Morley, C.H. Gold, A. Meyers, Thyroid function tests in patients on regular hemodialysis, *Nephron*. 25 (1980) 173–178.
- [5] M.C. Pagliacci, G. Pelicci, F. Grignani, C. Giammartino, L. Fedeli, C. Carobi, U. Buoncristiani, I. Nicoletti, Thyroid function tests in patients undergoing maintenance dialysis: characterization of the ‘low-T4 syndrome’ in subjects on regular hemodialysis and continuous ambulatory peritoneal dialysis, *Nephron*. 46 (1987) 225–230.
- [6] G. Lippi, M. Montagnana, G. Targher, G.L. Salvagno, G.C. Guidi, Relationship between thyroid status and renal function in a general population of unselected outpatients, *Clinical Biochemistry*. 41 (2008) 625–627.
- [7] G. Rajeev, W.D.S.C. Rayappa, R. Vijayalakshmi, M. Swathi, S. Kumar, Evaluation of thyroid hormone levels in chronic kidney disease patients, *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*. 26 (2015) 90.
- [8] M.W. Szkudlinski, V. Fremont, C. Ronin, B.D. Weintraub, Thyroid-stimulating hormone and thyroid-stimulating hormone receptor structure-function relationships, *Physiological Reviews*. 82 (2002) 473–502.
- [9] G. Basu, A. Mohapatra, Interactions between thyroid disorders and kidney disease, *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 16 (2012) 204.
- [10] J. Punekar, A.A. Singh, M.K. Malav, Study of thyroid function in patients with chronic kidney disease, *Int J Health Sci Res*. 7 (2017) 68–72.

- [11] P.B. V Vivek, S. Kirubakaran, K. Elavarasan, S. Natarajan, A Prospective Study on the Evaluation of Thyroid Function Status in Patients with Chronic Kidney Disease, *Journal of Medical Science and Clinical Research*. 5 (2017) 28007–28014. doi:<https://dx.doi.org/10.18535/jmscr/v5i9.107>.
- [12] V. V Deokar, S.S. Patil, K. Babu, J. Patel, Evaluation of thyroid function status in patients with chronic kidney disease, *Journal of Critical Reviews*. 7 (2020) 535–538.
- [13] P. Iglesias, J.J. Díez, Thyroid dysfunction and kidney disease, *European Journal of Endocrinology*. 160 (2009) 503–515.
- [14] J. Horacek, S.D. Sulkova, M. Kubisova, R. Safránek, E. Malírova, M. Kalousová, I. Sviliás, J. Malý, L. Sobotka, P. Zák, Thyroid hormone abnormalities in hemodialyzed patients: low triiodothyronine as well as high reverse triiodothyronine are associated with increased mortality, *Physiological Research*. 61 (2012) 495.
- [15] S.E.S. Farag, Functional and Morphological Thyroid Disorders in Hemodialysis Patients, *J Thyroid Disord Ther*. 2 (2013) 2–5.
- [16] S. Jusufovic, E. Hodzic, Functional thyroid disorders are more common in patients on chronic hemodialysis compared with the general population, *Materia Socio-Medica*. 23 (2011) 206.
- [17] E.O. Kim, I.S. Lee, Y.A. Choi, S.J. Lee, Y.K. Chang, H.E. Yoon, Y.S. Jang, J.M. Lee, H.S. Kim, C.W. Yang, Unresolved subclinical hypothyroidism is independently associated with progression of chronic kidney disease, *International Journal of Medical Sciences*. 11 (2014) 52.
- [18] S. Sakurai, Y. Hara, S. Miura, M. Urabe, K. Inoue, T. Tanikawa, M. Yanagisawa, M. Iitaka, J.U.N. Ishii, Thyroid functions before and after maintenance hemodialysis in patients with chronic renal failure, *Endocrinologia Japonica*. 35 (1988) 865–876.
- [19] K. Yonemura, T. Nakajima, T. Suzuki, S. Ando, R. Genma, H. Nakamura, A. Hishida, Low free thyroxine concentrations and deficient nocturnal surge of thyroid-stimulating hormone in haemodialysed patients compared with undialysed patients, *Nephrology Dialysis Transplantation*. 15 (2000) 668–672.
- [20] J. Malyszko, J. Malyszko, S. Wolczynski, M. Mysliwiec, Adiponectin, leptin and thyroid hormones in patients with chronic renal failure and on renal replacement therapy: are they related?, *Nephrology Dialysis Transplantation*. 21 (2006) 145–152.
- [21] M. Tarakçioğlu, E. Algün, R. Şekeroğlu, S. Alıcı, S. Topal, İ. Meral, Hemodiyaliz Hastalarında Tiroid Hormon Düzeyleri ve Bir Hemodiyaliz Seansının Bu Değerlere Etkisi, *Van Tıp Dergisi*. 4 (n.d.) 201–204.