



# **TÜRKİYE'DE JEODEZİK VLBI ÇALIŞMALARI**



*Emine Tanır Kayıkçı<sup>1</sup>, Kamil Teke<sup>2</sup>, Orhan Kurt<sup>3</sup>, Özge Karaaslan<sup>4</sup>, Mehmet Fikret Öcal<sup>2</sup>, Ahmet Yavuzdoğan<sup>4</sup>, Mualla Yalçınkaya<sup>1</sup>*

*1 Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon*

*2 Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara*

*3 Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli*

*4 Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane*

**UAK-2018**

**21. Ulusal Astronomi Kongresi**

**Kayseri**

**3-7 Eylül 2018**

# SUNUM PLANI

---

- ▶ Jeodezi Biliminin Uygulama Alanları
- ▶ VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması
- ▶ Türkiye'de Jeodezik VLBI Uygulamaları ve Projeler
- ▶ Türkiye'nin Jeodezik VLBI Çalışmalarına Yönelik Vizyonu, nasıl olmalı??



# Jeodezi Biliminin Uygulama Alanları

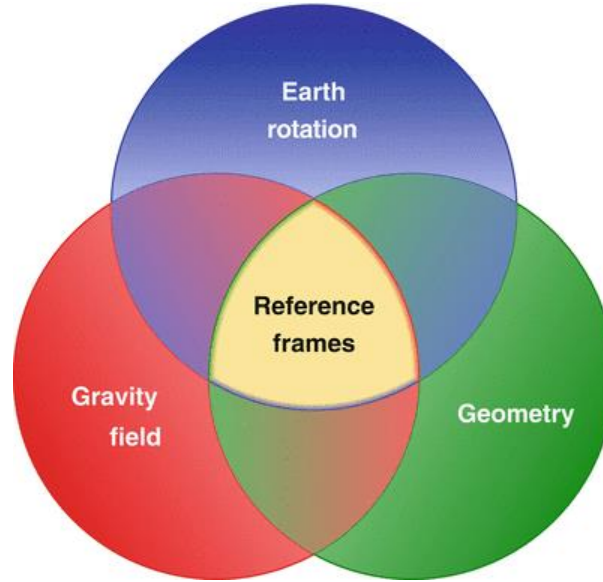
- ▶ Yeryuvarının çekim potansiyeli alanının ve gerçek şeklinin (jeoit) belirlenmesi,
- ▶ Yer-sabit ve uzay-sabit koordinat sistemlerinin oluşturulması,
- ▶ Yer-sabit ve uzay-sabit koordinat sistemleri arasındaki Yer yönelim parametrelerinin belirlenmesi,
- ▶ Evrensel Zaman (UT1) izlenmesi,
- ▶ Yeryüzü üzerinde ve uzaydaki yapay ve doğal nesnelerin anlık konumlarının belirlenmesi,
- ▶ Yer'in jeodinamik yapısına (plaka tektoniği, iyonosfer, troposfer, vd.) ilişkin çıkarımlarda bulunulması.



# Jeodezi Biliminin Uygulama Alanları

Jeodezik uygulamaların temelini oluşturan koordinat referans sistemleri,

- ▶ Gravite alanı
  - ▶ Yer yönelim parametreleri
  - ▶ Yerin şekli
- bileşkesinden oluşur.



Uluslararası Jeodezi Birliği'ne (International Association of Geodesy, IAG)



International Association  
of Geodesy

# VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

## **Jeodezik astronomi;**

Jeodezik amaçlarla yapılan optik ve radyo astronomisi gözlemleri ve hesaplamaları,

## **Çok Uzun Baz İnterferometrisi (Very Long Baseline Interferometry, VLBI) radyo astronomisi tekniği;**

1970'li yıllardan günümüze jeodezik amaçlarla da kullanılmaktadır.



# VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisi  
(International VLBI Service for Geodesy and Astronomy,  
**IVS**)

- ▶ global VLBI oturumlarının planlanması ve gerçekleştirilmesinden sorumludur.



<https://ivscc.gsfc.nasa.gov/>

## VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

➤ VLBI tekniği, diğer uzay tabanlı jeodezik teknikleri arasından;

Global Navigation Satellite Systems, GNSS

Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite, DORIS

Satellite/Lunar Laser Ranging, SLR/LLR

Yer y6nelim parametrelerini 6lçebilen tek uzay jeodezisi ve astrometri tekniđidir.



# VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

*Yer yönelim parametrelerinin izlenmesi için global VLBI oturumları*

*(IVS-R1 ve –R4)*

*evrensel zamanın (UTI) izlenmesine yönelik “intensive” oturumları*

*(INT1, INT2 ve INT3)*





## VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

- ▶ **VLBI tekniği**, Göksel **referans çatılarının** (örneğin: ICRF1 ve ICRF2) **gerçekleştirilmelerinde** kullanılmaktadır.

Yersel ve Göksel referans çatılarının oluşturulması

IVS-T2 ve IVS-CRF oturumları

# VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

## VLBI tekniği,

- 10000 km'yi aşan kıtalar arası bazların birkaç cm doğrulukla belirlenmesi,
  - Kabuk deformasyonlarının izlenmesi,
- kullanılır.

## VLBI Tekniğinin Jeodezik Uygulamalarda Kullanılması

- ▶ VLBI tekniği, Yersel referans çatılarının leđinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.



## Türkiye’de Jeodezik VLBI Uygulamaları ve Projeler

- ▶ Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2009 yılından günümüze, IVS kurumsal analiz merkezi (KTU-GEOD) olarak işlevini sürdürmektedir,
- ▶ Hacettepe Üniversitesi, KTU-GEOD IVS Analiz merkezi araştırmalarına tam katkı sağlamakta,
- ▶ Kocaeli Üniversitesi, jeodezik VLBI çalışmalarına katkı sağlamakta,
- ▶ Gümüşhane Üniversitesi, jeodezik VLBI çalışmaları yapan lisansüstü düzeydeki öğrencilere destek sağlamaktadır.

*Türkiye’de az sayıda akademisyen Jeodezik VLBI çalışmalarına katkı sunmaktadır.*



# IVS Organizasyon Yapısı

**Ağ İstasyonları:** VLBI antenlerinin kurulu olduğu yerler.

**Korelatörler:** Ağ İstasyonlardan alınan ham verilerin iletiildiği birimler  
Çin (1), Almanya (1), Japonya (2)

**Veri Merkezleri:** Korelatörlerden alınan verilerin iletiildiği birimler,  
Fransa(1),Almanya(1), İtalya (2), Japonya (1), USA (1)

**Analiz Merkezleri:** EOP, TRF ve CRF elde etmek üzere Veri Merkezlerinden veri alır

Avustralya (1 full), Avusturya (1 assoc), Çin (1 Full), Fransa (2 assoc),Almanya (2 full, 1 assoc, 1 kombinasyon merkezi), Fransa(2 assoc), İtalya (2 assoc, 1 full), Japonya (2 assoc, 1 full), Norveç (2 assoc), Rusya (2 full, 2 assoc), Güney Kore(1 kombinasyon merkezi), İsveç (assoc),Türkiye(1 assoc), Ukrayna (1 Assoc), USA(2 full, 3 assoc)

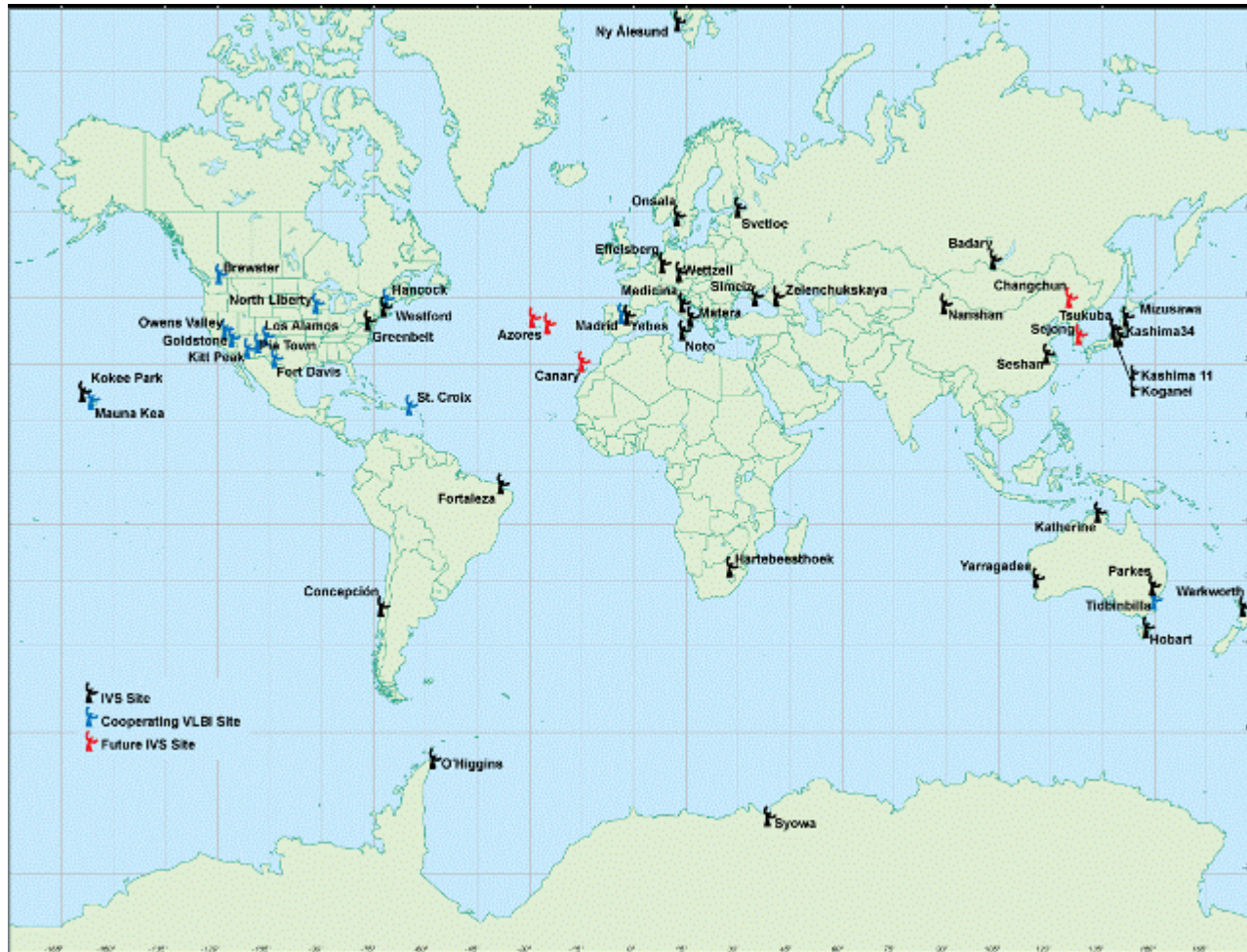
**Assoc. :** Yardımcı analiz merkezleri IERS ürünlerinin geliştirilmesi, analiz stratejilerinin geliştirilmesi gibi bilimsel amaçlı katkı sağlayan merkezler.

**Full. :** Assoc. Analiz merkezlerinin faaliyetleri benzeri misyonu olup sürekli olan bir veri analizi sağlamak zorunda.

**Kombinasyon Merkezleri :** ITRF ürünleri oluşturmak üzere intra-teknik kombinasyon sağlayan merkezler ve full analiz merkezlerinden gelen sonuçların kombinasyonunu sağlar



# IVS Ağ İstasyonları



<https://ivsc.gsfc.nasa.gov/stations/ns-map.html>

# IVS Analiz Merkezi

Country	IVS Component Name (link to recent Annual Report)	Type	Primary Contact	Sponsoring Organization	Software
Australia	<a href="#">Geoscience Australia</a>	Full	<a href="#">Oleg Titov</a>	<a href="#">Geoscience Australia</a>	OCCAM
Austria	<a href="#">Department of Geodesy and Geoinformation (GEO)</a>	Assoc	<a href="#">Johannes Böhm</a>	<a href="#">Department of Geodesy and Geoinformation, Technische Universität Wien</a>	VieVS
China	<a href="#">Shanghai Observatory</a>	Full	<a href="#">Jinling Li</a>	<a href="#">Shanghai Observatory, Chinese Academy of Sciences</a>	CALC/SOLVE
France	<a href="#">Observatoire de Paris</a>	Assoc	<a href="#">Sébastien Lambert</a>	<a href="#">Observatoire de Paris</a>	GLORIA
France	<a href="#">Observatoire de Bordeaux</a>	Assoc	<a href="#">Patrick Charlot</a>	<a href="#">Observatoire de Bordeaux</a>	MODEST
Germany	<a href="#">DGFI-TUM</a>	Full	<a href="#">Younghee Kwak</a>	<a href="#">Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut, TU München</a>	DOGS-RI
Germany	<a href="#">IGGB-BKG Analysis Center</a>	Full	<a href="#">Axel Nothnagel, Volkmar Thorandt</a>	<a href="#">Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn and Bundesamt für Kartographie und Geodäsie</a>	CALC/SOLVE
Germany	<a href="#">BKG/DGFI Combination Center</a>	Combi	<a href="#">Sabine Bachmann</a>	<a href="#">Bundesamt für Kartographie und Geodäsie and Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut</a>	DOGS
Germany	<a href="#">GFZ Potsdam</a>	Assoc	<a href="#">Robert Heinkelmann</a>	<a href="#">GFZ German Research Centre for Geosciences</a>	VieVS, DOGS
Italy	<a href="#">Italy INAF</a>	Assoc	<a href="#">Monia Negusini</a>	<a href="#">Istituto di Radioastronomia INAF</a>	CALC/SOLVE
Italy	<a href="#">Centro di Geodesia Spaziale Matera (CGS)</a>	Full	<a href="#">Giuseppe Bianco, Roberto Lanotte</a>	<a href="#">Agenzia Spaziale Italiana</a>	CALC/SOLVE
Italy	<a href="#">Politecnico di Milano DICA</a>	Assoc	<a href="#">Vincenza Tornatore</a>	<a href="#">Politecnico di Milano DICA (PMD)</a>	VieVS
Japan	<a href="#">Geospatial Information Authority of Japan (GSI)</a>	Full	<a href="#">Shinobu Kurihara</a>	<a href="#">Geospatial Information Authority of Japan (GSI)</a>	OCCAM, CALC/SOLVE, c5++
Japan	<a href="#">National Institute of Information and Communications Technology</a>	Assoc	<a href="#">Yasuhiro Koyama</a>	<a href="#">National Institute of Information and Communications Technology</a>	CALC/SOLVE, v1best, c5++
Japan	<a href="#">National Astronomical Observatory of Japan</a>	Assoc	<a href="#">Seiji Manabe</a>	<a href="#">National Astronomical Observatory of Japan</a>	
Norway	<a href="#">Norwegian Mapping Authority (NMA)</a>	Assoc	<a href="#">Halfdan Pascal Kierulf</a>	<a href="#">Norwegian Mapping Authority (NMA)</a>	GEOSAT
Russia	<a href="#">Institute of Applied Astronomy Analysis Center</a>	Full	<a href="#">Elena Skurikhina</a>	<a href="#">Institute of Applied Astronomy</a>	OCCAM
Russia	<a href="#">Astronomical Institute of St.-Petersburg University</a>	Full	<a href="#">Dmitrij Trofimov</a>	<a href="#">Astronomical Institute of St. Petersburg University</a>	OCCAM
Russia	<a href="#">Pulkovo Observatory</a>	Assoc	<a href="#">Zinoviy Malkin</a>	<a href="#">Pulkovo Observatory</a>	OCCAM
Russia	<a href="#">Sternberg Astronomical Institute (SAI)</a>	Assoc	<a href="#">Vladimir Zharov</a>	<a href="#">Lomonosov Moscow State University</a>	ARIADNA
South Korea	<a href="#">KASI</a>	Combi	<a href="#">Jungho Cho</a>	<a href="#">Korea Astronomy and Space Science Institute</a>	Bernese 5.0
Spain	<a href="#">Universidad de Alicante</a>	Assoc	<a href="#">José Ferrándiz</a>	<a href="#">Universidad de Alicante</a>	VieVS@GFZ
Sweden	<a href="#">Onsala Space Observatory</a>	Assoc	<a href="#">Rüdiger Haas</a>	<a href="#">Chalmers University of Technology</a>	CALC/SOLVE, GLOBK
Turkey	<a href="#">Karadeniz Technical University (KTU)</a>	Assoc	<a href="#">Emine Taniil</a>	<a href="#">Karadeniz Technical University</a>	<a href="#">CALC/SOLVE, GLOBK</a>
Ukraine	<a href="#">Main Astronomical Observatory</a>	Assoc	<a href="#">Svitlana Lytvyn</a>	<a href="#">Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences, Kiev</a>	SteelBreeze
USA	<a href="#">Goddard Space Flight Center</a>	Full	<a href="#">John Gipson</a>	<a href="#">NASA Goddard Space Flight Center</a>	CALC/SOLVE
USA	<a href="#">Haystack Observatory</a>	Assoc	<a href="#">Arthur Niell</a>	<a href="#">Haystack Observatory and NASA Goddard Space Flight Center</a>	SOLVK
USA	<a href="#">U. S. Naval Observatory Analysis Center</a>	Full	<a href="#">Alan Fey</a>	<a href="#">U. S. Naval Observatory</a>	CALC/SOLVE
USA	<a href="#">U. S. Naval Observatory Analysis Center for Source Structure</a>	Assoc	<a href="#">Alan Fey</a>	<a href="#">U. S. Naval Observatory</a>	CALC/SOLVE
USA	<a href="#">Jet Propulsion Laboratory</a>	Assoc	<a href="#">Chris Jacobs</a>	<a href="#">Jet Propulsion Laboratory</a>	MODEST

<https://ivsc.gsfc.nasa.gov/about/org/components/ac-list.html>



# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## KTU-GEOD IVS Analiz Merkezi



Karadeniz Teknik Üniversitesi  
GEOD IVS Analiz Merkezi

Personel IVS Yıllık Raporlar IVS Nedir Yayınlar Projeler VieVS Software Albüm İletişim



KTÜ Harita Mühendisliği Bölümünde KTU-GEOD adıyla Türkiye'de ilk ve tek IVS (International VLBI Service) analiz merkezi

23 Mart 2009, IVS Yönetim Kurulu, 19. European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting , Bordeaux, Fransa.

<http://www.ktu.edu.tr/spacegeod>



# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## KTU-GEOD IVS Analiz Merkezi

### Uygulama Alanları:

- ▶ VLBI ve diğer uzay ve uydu jeodezik tekniklerden elde edilen parametrelerinin kestiriminde stokastik modellerin kullanımı
- ▶ Uydu ve uzay jeodezik tekniklerin intra- ve inter-teknik kombinasyonu ile ilgili algoritmaların geliştirilmesi
- ▶ VLBI istasyonlarına geri bildirimlerin sağlanabilmesi,
- ▶ Yazılım geliştirme için teorik altyapının oluşturulması
- ▶ Farklı IVS Analiz Merkezlerinden elde edilen ürünlerin (istasyon koordinatları öncelikli olmak üzere) karşılaştırılması ve kombinasyonu,
- ▶ IERS'in belirlediği konvansiyonlara katılmak



# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Makaleler

- ▶ Tornatore V., Tanir Kayıkçı E., Roggero M., "Comparison of ITRF2014 station coordinate input time series of DORIS, VLBI and GNSS", ADVANCES IN SPACE RESEARCH, vol.58, pp.1-12, 2016.
- ▶ Tanir Kayıkçı E., Sopaci E., "Testing The Normality of The Residuals of Surface Temperature Data at VLBI/GPS Co-located Sites by Goodness of Fit Tests", ARABIAN JOURNAL OF GEOSCIENCES, vol.8, no.11, pp.10119-10134, 2015.
- ▶ Tanir Kayıkçı E., Heinkelmann R., Karbon M., Nilsson T., Raposo-Pulido V., Soja B. , et al., "Optimized Parameterization of VLBI Auxiliary Parameters in Least-Squares Adjustment: Preliminary Results", International Association of Geodesy Symposia , vol.143, pp.125-131, 2015.
- ▶ Raposo-Pulido V., Tanir Kayıkçı E., Heinkelmann R., Nilsson T., Karbon M., Soja B., et al., "Impact of Celestial Datum Definition on EOP Estimation and CRF Orientation in the Global VLBI Session IYA09", International Association of Geodesy Symposia, vol.143, no. , pp.1-7, 2015
- ▶ Teke K., Tanir Kayıkçı E., Böhm J., Schuh H., "Modelling Very Long Baseline Interferometry (VLBI) observations(Çok Uzun Baz Enterferometrisi (VLBI) Ölçülerinin Modellenmesi).", JOURNAL OF GEODESY AND GEOINFORMATION (JEODEZİ VE JEOİNFORMASYON DERGİSİ), cilt.1, ss.17-26, 2012.
- ▶ Tanir Kayıkçı E., Heinkelmann R., Schuh H., Kusche J., Van Loon J., "Assessment of the Results of VLBI Intra-technique Combination Using Regularization Methods ", International Association of Geodesy Symposia, vol.134, no. , pp.45-51, 2009.
- ▶ Teke K., Böhm J., Tanir Kayıkçı E., Schuh H., "Çok Uzun Baz Enterferometrisi (VLBI) Tekniğinde, Saat Hatası ve Troposferik Gecikme Parametre Kestirim Modelleri ", Harita Dergisi, cilt.142, ss.1-16, 2009.



# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Bildiriler, Ek. I

- ▶ VLBI ve GNSS istasyonlarında hesaplanan hızların plaka hareketlerinin belirlenmesinde yorumlanması,
- ▶ Farklı IVS Analiz Merkezlerinde uygulanan analiz sonuçlarının karşılaştırılması, En Küçük Kareler ve Kalman Filtreleme, v.b.,
- ▶ VieVS VLBI Yazılımında çeşitli parametre optimizasyonların uygulanması,
- ▶ VLBI ürünlerinden oluşan zaman serilerinin analizleri, istasyon koordinatları, troposferik parametreler, v.b.,
- ▶ VLBI Analizlerinde jeodezik datum tanımlarının etkisinin araştırılması,
- ▶ Farklı IVS Analiz Merkezlerinden elde edilen sonuçların kombinasyonu,
- ▶ VLBI ve GNSS ölçülerinden elde edilen yer dönüklük parametrelerinin karşılaştırılması,
- ▶ Avrupadaki kabuk hareketlerinin VLBI ile belirlenmesi



# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Teknik Raporlar

- ▶ IVS Yıllık Raporları (2009-2014)
- ▶ IVS İki Yıllık Raporları (2015+16)

### IVS Publications Annual Reports

This page has links to the electronic versions of the Annual Reports. If you are interested in a printed copy please contact the [Coordinating Center](#). There is a limited number of printed copies left for most Annual Reports.

Year	Publication Number	Editors	Pages
1999	NASA/TP-1999-209243	Vandenberg	308
2000	NASA/TP-2001-209979	Vandenberg, Baver	324
2001	NASA/TP-2002-210001	Vandenberg, Baver	319
2002	NASA/TP-2003-211619	Vandenberg, Baver	354
2003	NASA/TP-2004-212254	Vandenberg, Baver	291
2004	NASA/TP-2005-212772	Behrend, Baver	319
2005	NASA/TP-2006-214136	Behrend, Baver	354
2006	NASA/TP-2007-214151	Behrend, Baver	325
2007	NASA/TP-2008-214162	Behrend, Baver	324
2008	NASA/TP-2009-214183	Behrend, Baver	396
2009	NASA/TP-2010-215860	Behrend, Baver	368
2010	NASA/TP-2011-215880	Behrend, Baver	349
2011	NASA/TP-2012-217505	Baver, Behrend	366
2012	NASA/TP-2013-217511	Baver, Behrend, Armstrong	428
2013	NASA/TP-2014-217522	Baver, Behrend, Armstrong	382
2014	NASA/TP-2015-217532	Baver, Behrend, Armstrong	338
2015+16	NASA/TP-2017-219021	Baver, Behrend, Armstrong	350

<https://ivscc.gsfc.nasa.gov/publications/>

# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Bülten

- ▶ KTU-GEOD IVS Analiz Merkezindeki VLBI çalışmaları
- ▶ Türkiye’de jeodezik VLBI çalışmalarının güncel durumu,
- ▶ Türkiye’de VLBI ile ilgili planlanan araştırma projeleri,
- ▶ Jeodezik VLBI’ın Türkiye’deki geleceği.

<b>Issue 26</b>	April 2010	Urumqi Observatory	8
<b>Issue 27</b>	August 2010	Sternberg Astronomical Institute	8
<b>Issue 28</b>	December 2010	Gravitational Deformations of VLBI Telescopes and Their Impact on Geodetic Results	8
<b>Issue 29</b>	April 2011	KASI Combination Center	8
<b>Issue 30</b>	August 2011	Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California	8
<b>Issue 31</b>	December 2011	Laboratoire d’Astrophysique de Bordeaux	8
<b>Issue 32</b>	April 2012	NASA Goddard Space Flight Center	8
<b>Issue 33</b>	August 2012	Institute of Geodesy and Geophysics, TU Vienna, Austria	8
<b>Issue 34</b>	December 2012	Alan Whitney Heading Towards Retirement	8
<b>Issue 35</b>	April 2013	Nothnagel Nailed It	8
<b>Issue 36</b>	August 2013	BKG/DGFI Combination Center at Frankfurt	8
<b>Issue 37</b>	December 2013	VGOS Stations at Hartebeesthoek and Yebes	8
<b>Issue 38</b>	April 2014	The New IVS Technology Development Center at IGN Yebes Observatory	8
<b>Issue 39</b>	<a href="#">August 2014</a>	<a href="#">The Turkish IVS Analysis Center at KTU</a>	<a href="#">8</a>
<b>Issue 40</b>	December 2014	IVS Techno Czar Bill	8
<b>Issue 41</b>	April 2015	John the Analyst	8
<b>Issue 42</b>	August 2015	Syowa Station in Antarctica	8
<b>Issue 43</b>	December 2015	Warkworth Station on the North Island of New Zealand	8
<b>Issue 44</b>	April 2016	New Technology Coordinator	8
<b>Issue 45</b>	August 2016	The Washington Correlator at the U.S. Naval Observatory	8
<b>Issue 46</b>	December 2016	State of the IVS – An Appraisal of Four Years of Chairmanship	8
<b>Issue 47</b>	April 2017	Analysis Center at Saint Petersburg University	8
<b>Issue 48</b>	August 2017	Matera CGS VLBI Station	8

# Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Eğitim

- Nijat MAMMADALİYEV, VLBI Analiz Merkezlerinden Elde Edilen Klasik Jeodezik Parametrelerin Kıyaslanması, Haziran 2014, KTÜ, Harita Mühendisliği, **Lisans Bitirme Tezi**, Danışman: Emine Tanır Kayıkçı.

# Hacettepe Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Yazılım Geliştirme

- ▶ **Vienna VLBI and Satellite Software, VieVS, <http://viewswiki.geo.tuwien.ac.at> yazılımının 3 ana fonksiyon setinden biri olan, jeodezik ve astrometrik parametrelerin Gauss Markov klasik en küçük kareler yöntemi ile kestirimini gerçekleştiren modulün geliştirilmesi.**

### Konu ile ilgili başlıca yayınlar:

- J. Böhm, S. Böhm, J. Boisits, A. Girdiuk, J. Gruber, A. Hellerschmied, H. Krasna, D. Landskron, M. Madzak, D. Mayer, J. McCallum, L. McCallum, M. Schartner, **K. Teke** (2018) Vienna VLBI and Satellite Software (VieVS) for Geodesy and Astrometry, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 130 (986), 044503; 1 – 6.
- J. Böhm, S. Böhm, T. Nilsson, A. Pany, L. Plank, H. Spicakova, **K. Teke**, H. Schuh (2011) The new Vienna VLBI Software VieVS. Geodesy for Planet Earth, Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, 31 August – 4 September 2009, International Association of Geodesy Symposia Series, Vol. 136, 1007-1011, edited by Steve Kenyon, Maria Christina Pacino, Urs Marti, doi 10.1007/978-3-642-20338-1\_126.
- **K. Teke**, J. Boehm, E. Tanir, H. Schuh (2009) Çok Uzun Baz Enterferometri (VLBI) Tekniğinde, Saat Hatası ve Troposferik Gecikme Parametre Kestirim Modelleri, Harita Dergisi, 142, 1-16.
- H. Spicakova, J. Boehm, S. Boehm, T. Nilsson, A. Pany, L. Plank, **K. Teke**, H. Schuh (07-13 February 2010), Estimation of geodetic and geodynamical parameters with VieVS, IVS 2010 General Meeting Proceedings, edited by D. Behrend and K.D. Baver, Hobart, Tasmania, Australia, 202-206.
- **K. Teke**, J. Boehm, E. Tanır, H. Schuh (23-28 March 2009), Piecewise Linear Offsets for VLBI Parameter Estimation, Proceedings of the 19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting, edited by G. Bourda, P. Charlot, A. Collioud, Universite Bordeaux I-CNRS, Bordeaux, France, 63-67.

# Hacettepe Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Makale ve Bildiriler

- ▶ **Troposfer boyunca radyo dalgalarında oluşan gecikmelerin, radyo dalgası frekansında ölçü yapan VLBI, DORIS ve GNSS uzay-uydu jeodezisi teknikleri ölçülerinden kestirimi ve karşılaştırılması.**

Konu ile ilgili başlıca yayınlar:

- **K.Teke**, J. Böhm, T. Nilsson, H. Schuh, P. Steigenberger, R. Dach, R. Heinkelmann, P. Willis, R. Haas, S.G. Espada, T. Hobiger, R. Ichikawa, S. Shimizu (2011) Multi-technique comparison of troposphere zenith delays and gradients during CONT08, Journal of Geodesy, 85(7): 395-413, doi: 10.1007/s00190-010-0434-y.
- **K.Teke**, T. Nilsson, J. Böhm, T. Hobiger, P. Steigenberger, S.G. Espada, R. Haas, P. Willis (2013) Troposphere delays from space geodetic techniques, water vapor radiometers, and numerical weather models over a series of continuous VLBI campaigns, Journal of Geodesy, 87(10): 981-1001, doi: 10.1007/s00190-013-0662-z.
- **K.Teke**, T. Nilsson, J. Böhm, P. Steigenberger, R. Haas, T. Hobiger, P. Willis (3-7 December 2012) Zenith troposphere delays and gradients from VLBI, GNSS, DORIS, water vapor radiometer, and numerical weather models during continuous VLBI campaigns, 2012 AGU Fall Meeting, USA, Poster: G11A-0909.
- J. Böhm, **K.Teke**, P. Willis (25-26 September, 2012) Tropospheric parameters from DORIS in comparison to other techniques during CONT campaigns, International DORIS Service Workshop, Venice, Italy.
- **K.Teke**, J. Böhm, T. Nilsson, H. Schuh, P. Steigenberger, R. Dach, R. Heinkelmann, P. Willis, R. Haas, S.G. Espada, T. Hobiger, R. Ichikawa, S. Shimizu (02-07 May 2010), Multi-technique comparison of troposphere zenith delays and gradients during CONT08, Geophysical Research Abstracts, Vol. 12, EGU2010-9088, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria.



# Hacettepe Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Makale ve Bildiriler

### ► Evrensel zamanın (Universal Time I) izlenmesi.

Konu ile ilgili başlıca yayınlar:

- **K.Teke**, M.F. Öcal, M. Nohutcu, G.O.Ahi (2017) VLBI Intensive Oturumlarının Analizi ile Evrensel Zamanın (UT1) İzlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (3), 1004-1018, doi: 10.5578/fmbd.66171.
- **K.Teke**, J. Böhm, M. Madzak, Y. Kwak, P. Steigenberger (2015) GNSS zenith delays and gradients in the analysis of VLBI Intensive sessions, Advances in Space Research, 56(8): 1667-1676, doi: 10.1016/j.asr.2015.07.032.
- J. Böhm, T. Hobiger, R. Ichikawa, T. Kondo, Y. Koyama, A. Pany, H. Schuh, **K.Teke** (2010) Asymmetric tropospheric delays from numerical weather models for UT1 determination from VLBI Intensive sessions on the baseline Wettzell-Tsukuba, Journal of Geodesy, 84(5): 319-325, doi:10.1007/s00190-10-0370-x.

# Hacettepe Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Makale ve Bildiriler

- ▶ Kutup gezinmesi parametreleri, evrensel zaman ve VLBI radyo teleskoplarının yersel referans çatısı konumlarında günlük ve yarım günlük periyotlarda gerçekleşen gel-gitsel ( $M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1, Q_1$ ) harmonik değişimlerin izlenmesi.

Konu ile ilgili başlıca yayınlar:

- **K.Teke**, M.F. Öcal (2017) Yüksek-Frekanslı Yer Dönme Parametrelerinin IVS-CONT14 Kampanyasının Analizi ile Kestirimi ve IERS2010 Modeli ile Karşılaştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (2), 628-637, doi: 10.5578/fmbd.58667.
- **K.Teke**, J. Böhm, T. Nilsson, H. Krasna (5-8 March 2013), Sub-daily antenna position estimates from the CONT11 campaign, Proceedings of the 21st Meeting of the European VLBI Group for Geodesy and Astrometry (EVGA), Reports of the Finnish Geodetic Institute, edited by N. Zubko and M. Poutanen, Helsinki, Finland, 131-134.

# Hacettepe Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Projeler

TÜBİTAK 3501 kariyer geliştirme projesi (devam ediyor)

- **Proje adı:** Çok Uzun Baz İnterferometisi (VLBI) Uzay Jeodezisi Tekniği ile İzlenen UTI Parametresinin Doğruluğunun Artırılması
- **Proje süresi:** 2015-2018



# Kocaeli Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Bildiriler

Kocaeli Üniversitesinin de **Python 2.7 ortamında temel bir yazılım geliştirilmiştir (Kurt, 2018)**. Bu yazılım ilk sonuçları içeren **Tektonik Hareketlerin QGIS ile izlenmesini kapsayan bir bildiri ile Uluslararası Katılımlı TUJJB (Türkiye Jeodezi ve Jeofizik Birliği) Bilimsel Kongresi 2018 de sunulmuştur.**

- ▶ Kurt, O., "Monitoring Movements Of Tectonic Plates By Analyzing VLBI Data Via QGIS", TUJJB Scientific Congress, İzmir/Turkey, 30 May – 02 June 2018.

- VLBI ölçme tekniği, **Uzay Jeodezisi (Uydu Jeodezisi) Dersi** içerisinde verilmektedir.
- 2017-2018 Bahar Dönemi O. KURT danışmanlığında bir bitirme çalışması {*Bulut KAYAR (2018), VLBI Tekniği, 2017-2018 Bahar Bitirme Çalışması, Kocaeli Üniv., Harita Müh. Böl., Kocaeli*} yaptırılmıştır.

# Kocaeli Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Yazılım Geliştirme, Genel Bilgi

- ▶ Python 2.7 geliştirilen VLBI ölçülerini değerlendirme yazılım: NASA tarafından 1979 beri arşivlenen ve indirilebilen text formatındaki (sözgelimi **17MAY04XE\_N004** gibi) dosyaları okuyup EKK (En Küçük Kareler) yöntemine göre değerlendirebilmektedir (Kurt, 2018).
- ▶ Bu yazılım istasyon noktalarını bir jeodezik ağ mantığı şeklinde kurgulamakta, nokta konum bilgilerini ve bu noktaların konum duyarlıklarını (**standart sapmalarını**) hesaplayabilmektedir.
- ▶ Yazılım **ICRS (International Celestial Reference System)** verilen galaksi koordinatlarını, ölçme anına göre **ITRS (International Terrestrial Reference System)** koordinatlarına dönüştürerek kullanmaktadır. Bu dönüşümlerde **SOFA (Standart of Fundamental Astronomy)** ve **NOVAS (Naval Observatory Vector Astrometry Software)** altprogramlarından yararlanılmıştır.
- ▶ Bu altprogramlardan yararlanarak yapılan indirgemelerde hem **EKİNOKS TABANLI** hem de **CIO-TABANLI** dönüşümlerin ikisi de kullanılmıştır. Böylece **ICRS** den **ITRF** ye geçiş denetlenmiştir. İki tür indirgemenin eşdeğer sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Equinox base approach for position of a Quasar in VLBI.

SOFA, NOVAS routines.

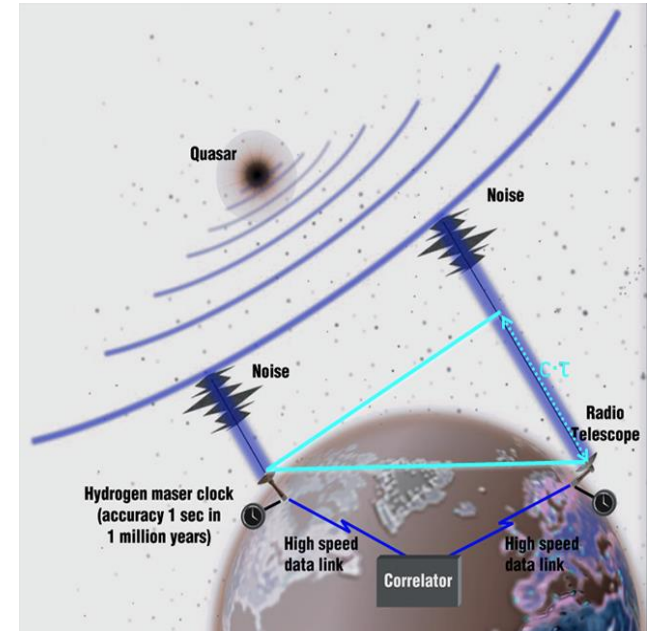
DE405 ephemerides for planets.

Rank defect in a VLBI network=6  
( 3 Translation + 3 clock unknowns).

$$\{s(t)\} \in SFCS \equiv ICRS$$

$$s = W_{x_p, y_p} S_{GAST} N_{\Delta\varepsilon, \Delta\psi, \varepsilon} P_{\theta, z, \zeta} s(t)$$

$$\{b, s\} \in EFCS \equiv ITRS$$



**Functional Model** (*q*:quasar, *j*:first station, *k*:second station )

$$-c \tau_{jk}^q = \mathbf{b}_{jk}^T \mathbf{s}^q + (Inst + Clock + Trop + Ion + \dots)_{jk}^q$$

**Stochastic Model** (*z*:vertical angle from the first station to the second station )

$$p_{jk}^q = f(\text{quality}, m_{jk}^q, z_j^q, z_k^q)$$

# Kocaeli Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Yazılım Geliştirme, Veri yapısı

### (1) DATA:

DATA IN NGS FORMAT FROM DATABASE 14NOV25XE\_V004

Observed delays and rates in card #2, modified errors in card #9

NYALES20 1202462.52700 252734.52100 6237766.20500 AZEL .52050  
BADARY -838201.06800 3865751.56500 4987670.89100 AZEL .00000

.....

\$END

0537-441 5 38 50.361552 -44 5 8.938920  
0059+581 1 2 45.762382 58 24 11.136600

....

\$END

.8212990000000D+04

GR PH

\$END

HOBART12 KATH12M 0537-441 2014 11 25 18 30 30.0000000000 101  
1432732.71482022 .01337 -44729.0889139771 .02726 0 I 102  
.00071 .00000 .00000 .00000 6.021560622747946 0. 103  
.00 .0 .00 .0 .00 .0 .00 .0 104  
.00000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000 105  
13.400 24.300 1001.613 990.387 60.980 92.385 0 0 106  
.2364433100 .01288 .0238956126 .01750 0 108  
1432732.71482022 .05458 -44729.0889139771 .21078 0 I 109

....

WETTZELL YEBES40M 2255-282 2014 11 26 18 27 46.0000000000 486601  
-3165533.69132490 .00295 -262663.4445698751 .00622 0 I 486602  
.00329 .00000 .00000 .00000 -4.583032854652926 0. 486603  
.00 .0 .00 .0 .00 .0 .00 .0 486604  
-.01161 -.06530 .00000 .00000 .00000 .00000 486605  
1.100 6.000 944.500 905.800 82.900 81.000 0 0 486606  
1.2537977239 .00713 -.0321524878 .01031 0 486608  
-3165533.69132490 .05307 -262663.4445698751 .13591 0 I 486609

### (2) USNO dan (TAI-UTC Leap Second)

2012 JUL 1 =JD 2456109.5 TAI-UTC= 35.0 S + (MJD - 41317. ) X 0.0 S  
2015 JUL 1 =JD 2457204.5 TAI-UTC= 36.0 S + (MJD - 41317. ) X 0.0 S

### (3) IERS (EOP Parameters)

# C04 sampled at 12 h UTC

#	YR	MM	DD	HH	MJD	x	y	UT1-UTC	LOD	dX	dY
#						"	"	s	s	"	"
2014	11	24	12	56985.50	0.089007	0.253923	-0.4150259	0.0009848	-0.000140	-0.000068	
2014	11	25	12	56986.50	0.088030	0.253950	-0.4160365	0.0010014	-0.000172	-0.000041	

(KURT, 2018)

VLBI İSTASYONLARI (ITRS)

GALAKSİLER (ICRS)

0001. ÖLÇÜ (~TDB)

4866. ÖLÇÜ (~TDB)

SANİYE SIÇRAMASI

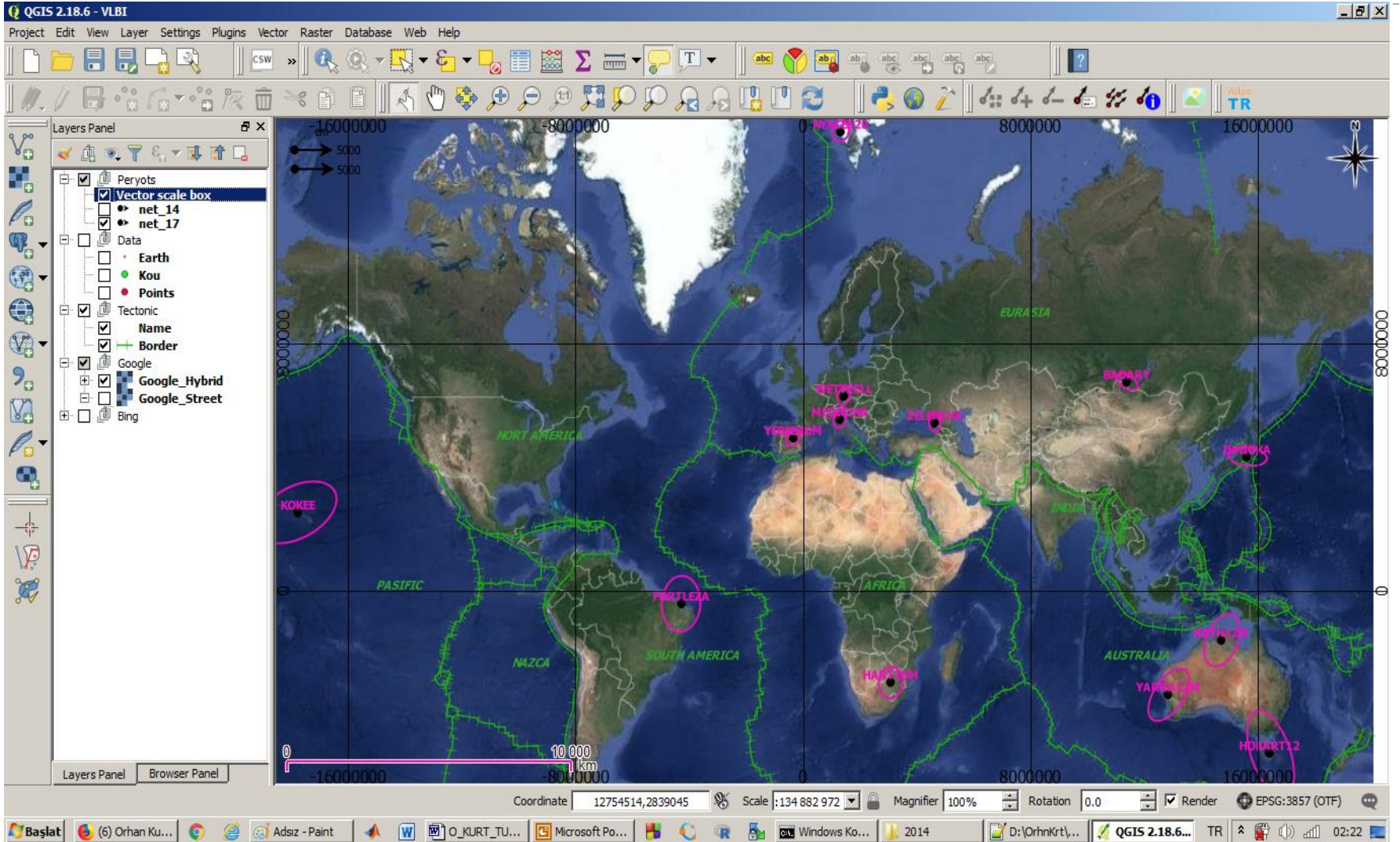
YER DÖNME PARAMETRELERİ





# Kocaeli Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Yazılım Geliştirme, (Veri 2, QGIS)



**17MAY04XE\_N004 Free Network Adjustment Results (small ellipses ~1-2cm)**  
**defect=6 , p=13 , n=7611 ,  $m_0 = \pm 1$  cm (Kurt, 2018)**

# Gümüşhane Üniversitesi Jeodezik VLBI Çalışmaları

## Araştırma

**Jeodezi Anabilim Dalı 2 araştırma görevlisi Jeodezik VLBI alanında lisansüstü tez çalışması yapmaktadır.**

- Özge Karaaslan, **Plake hareketlerinin Jeodezik VLBI ve GNSS ile belirlenmesi**, Doktora Tezi, Danışman: Emine Tanır Kayıkçı, devam ediyor.
- Ahmet Yavuzdoğan, **VLBI Analizinde Kapula Korelasyon yaklaşımının uygulanması**, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Emine Tanır Kayıkçı, devam ediyor.

# Türkiye'nin jeodezik VLBI Çalışmalarına Yönelik Vizyonu Nasıl Olmalı?

- ▶ Astronomik ve jeodezik gözlemlerin gerçekleştirilmesine uygun bir VLBI radyo teleskobunun, RFI (radio frequency interference) değerleri düşük ve plaka tektoniği açısından elverişli bir yerleşkede kurulması Türkiye astronomi ve jeodezi çalışmalarına ne yönde katkı sunar?
- ▶ Mevcut VLBI jeodezik gözlemlerinin değerlendirildiği ve ürünlerinin uluslararası ölçekte kullanıcılara sunulduğu bir analiz merkezi yanında (KTU-GEOD) VLBI astronomik gözlemlerinin değerlendirildiği ulusal bir merkez kurulması Türkiye'de ve dünyada bu konuda çalışanlara ne tür katkılar sunar?
- ▶ Türkiye'de astronomi ve jeodezi alanındaki çalışma grupları hangi düzeyde etkileşimdedir ve ortak proje üretimi ne düzeydedir?
- ▶ VLBI teknolojisi Türkiye için gerekli midir yoksa bir "lüks" müdür?
- ▶ Türkiye'de VLBI istasyon(ları) tesis edilmesi gerekli midir?



---

# TEŞEKKÜR EDERİZ



kteke@hacettepe.edu.tr



etanir@ktu.edu.tr  
eminetanir@gmail.com



orhan.kurt@kocaeli.edu.tr  
orhnkrt@gmail.com

---

# EKLER

## Ek. I

- ›Karaaslan Ö., Tanir Kayikçi E., Yalçinkaya M., Öztürk S., "Comparison of Site Velocities Derived From Collocated VLBI And GNSS Sites To Characterie Plate Motins", IX HOTINE MARUSSI SYMPOSIUM , Roma, ITALYA, 18-22 Haziran 2018.
- ›Tanir Kayikçi E., Karaaslan Ö., "COMPARISON OF LEAST SQUARES AND KALMAN FILTER SOLUTIONS FROM DIFFERENT IVS ANALYSIS CENTERS ", 23th EVGA Working Group Meeting, Gothenburg, ISVEÇ, 14-19 Mayıs 2017.
- ›Tanir Kayikçi E., "Discussions On Optimized Parameterization of VLBI Auxiliary Parameters in Least-Squares Adjustment of VieVS Software", 7th VieVS User Workshop, Viyana, AVUSTURYA, 14-15 Eylül 2016, pp.1-1
- ›Tornatore V., Tanir Kayikçi E., Roggero M., "Analysis of GPS, VLBI and DORIS input timeseriesforITRF2014", 22nd European VLBI Group for Geodesy and Astrometry Working Meeting , Ponta Delgada, PORTEKİZ, 18-21 Mayıs 2015, pp.263-267
- ›Raposo-Pulido V., Heinkelmann R., Nilsson T., Karbon M., Soja B., Tanir Kayikçi E., et al., "Effects of the datum configuration of radio sourceson EOP determined by VLBI", JOURNEES 2013, Paris, FRANSA, 16-18 Eylül 2013, pp.105-106
- ›Tanir Kayikçi E., "Research studies based on VieVS at KTU VLBI Analysis Center", 1. VieVS User Workshop, Viyana, AVUSTURYA, 7-9 Eylül 2010, pp.1-1
- ›Cazzaniga N.E., Tanir Kayikçi E., Tornatore V., "A study on combination of Kalman Filter and Least-Squares VLBI solutions", VII Hotine-Marussi Symposium on mathematical geodesy , Roma, ITALYA, 6-10 Haziran 2009, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Tornatore V., Teke K., "Analyses on the time series of the radio telescope coordinates of the IVS-R1 & -R4 Sessions", 19th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry, Bordo, FRANSA, 23-28 Mart 2009, pp.122-126
- ›Teke K., Böhm J., Spicakova H., Pany A., Plank L., Tanir Kayikçi E., et al., "Piecewise Linear Offsets for VLBI Parameter Estimation", 19th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry, Bordo, FRANSA, 23-28 Mart 2009, pp.63-67.
- ›Tanir Kayikçi E., Tornatore V., Böhm J., Felsenstein K., Schuh H., "VLBI Intra-technique Combination for Kalman Filter and Least-squares Solutions", 18th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry, Viyana, AVUSTURYA, 12-13 Nisan 2007, pp.216-221
- ›Mendes Cerveira P.J., Böhm J., Tanir Kayikçi E., Wresnik J., Schuh H., Tesmer V., "Datum Deficiency in VLBI Analysis: Case Study of Session 021020XA", 18th Working Meeting on European VLBI for Geodesy and Astrometry, Viyana, AVUSTURYA, 12-13 Nisan 2007, pp.209-215
- ›Tanir Kayikçi E., Tornatore V., Böhm J., Felsenstein K., Schuh H., "VLBI Intra-technique Combination for Kalman Filter and Least-SquaresSolutions", IUGG XXIV General Assembly, Perugia, ITALYA, 2-13 Temmuz 2007, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Tornatore V., Böhm J., Felsenstein K., Schuh H., "The Combination of Kalman Filter and Least-squares Solutions of different VLBI Analysis Centers", European Geosciences Union General Assembly 2007, Viyana, AVUSTURYA, 15-20 Nisan 2007, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Felsenstein K., Heinkelmann R., Schuh H., "Scaling Individual VLBI SOLUTIONS by Variance Component Estimation for Intra-technique Combination", European Geosciences Union General Assembly 2006, Viyana, AVUSTURYA, 2-7 Nisan 2006, pp.1-1
- ›Heinkelmann R., Tanir Kayikçi E., Böhm J., Schuh H., "The Influence of the Geodetic Datum Definition on the VLBI Reference Frames", Geodetic Week 2006, Münih, ALMANYA, 10-12 Ekim 2006, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Heinkelmann R., Schuh H., Kusche J., "Determination of regularization Parameters for VLBI Intra-technique Combination", Geodetic Week 2006, Münih, ALMANYA, 10-12 Ekim 2006, pp.1-1
- ›Heinkelmann R., Tanir Kayikçi E., Böhm J., Schuh H., "Combination of Long Time Series of tropospheric Parameters Observed by VLBI", Geodetic Week 2005, Düsseldorf, ALMANYA, 4-6 Ekim 2005, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Felsenstein K., Böhm J., Schuh H., "How Can We Combine Individual Solutions from Different Space Geodetic Techniques by Bayesian Approach?", European Geosciences Union General Assembly 2005, Viyana, AVUSTURYA, 24-29 Nisan 2005, pp.1-1
- ›Tanir Kayikçi E., Heinkelmann R., Böhm J., Schuh H., "Intra-technique Combination of VLBI Analysis Center Solutions by Using Variance Component Estimation", Geodetic Week 2005, Düsseldorf, ALMANYA, 4-6 Ekim 2005, pp.1-1

# EKLER

## ► Ek. I (devam)

- Teke K., Tanir Kayıkçı E., Schuh H., "IVS CONT08 Oturumlarındaki VLBI ve GNSS Ölçülerinin Analizlerinden Kestirimi Yapılan Yer Dönüklük Parametrelerinin Karşılaştırılması", 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, ANKARA, TÜRKİYE, 17-22 Nisan 2011, ss.227-228
- Tanir Kayıkçı E., Teke K., Schuh H., "Avrupada Düşey Yönde Oluşan Kabuk Hareketlerinin VLBI İle Belirlenmesi", 5.Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, ZONGULDAK, TÜRKİYE, 20-22 Ekim 2010, ss.121-135
- Tanir Kayıkçı E., Teke K., Böhm J., Schuh H., "Jeodezik VLBI Çalışmalarının IERS Ürünlerine Katkısı ve KTU-GEOD IVS Analiz Merkezinin Öngörülen Faaliyetleri", 4.Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, TRABZON, TÜRKİYE, 14-16 Ekim 2009, ss.134-164
- Tanir Kayıkçı E., Schuh H., Kutterer H., "The Effects of Two Step Combination to TRF Realization Results", TUJK 2008 Bilimsel Toplantısı, İSTANBUL, TÜRKİYE, 19-21 Kasım 2008, ss.1-1
- Tanir Kayıkçı E., Böhm J., Schuh H., Kusche J., "Farklı Jeodezik Uzak Tekniklerinin Kombinasyonu ve VLBI Intra-teknik Kombinasyonunun Değerlendirilmesi", 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, ANKARA, TÜRKİYE, 2-6 Nisan 2007, ss.148-149.

