17. TÜRKİYE HARİTA BİLİMSEL VE TEKNİK KURULTAYI
25 – 27 Nisan 2019

27 Nisan, Cumartesi
Oturum: TO12

Okyanus Gel-gitleri Kaynaklı Yarı-Günlük ve Günlük Periyotlarda Oluşan Yer Dönüklükleri Değişimi IERS2010 Harmonik Tahmin Modeli Katsayılarının IVS-CONT17 Oturumları Ölçülerinden Kestirimi

Mehmet Fikret Öcal, Kamil Teke

Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

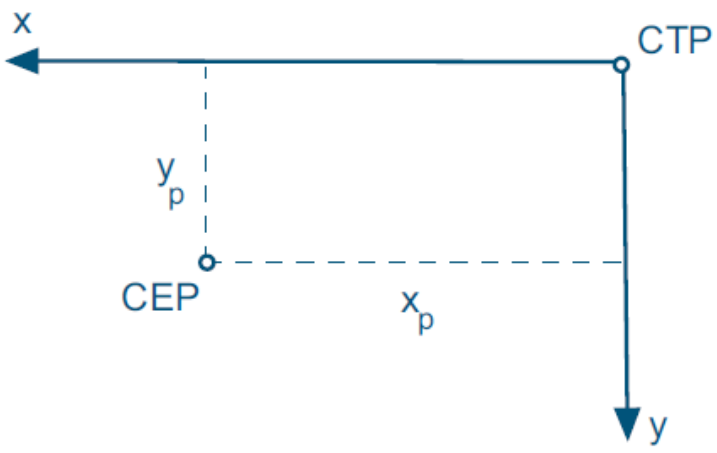
Sunum kapsamı

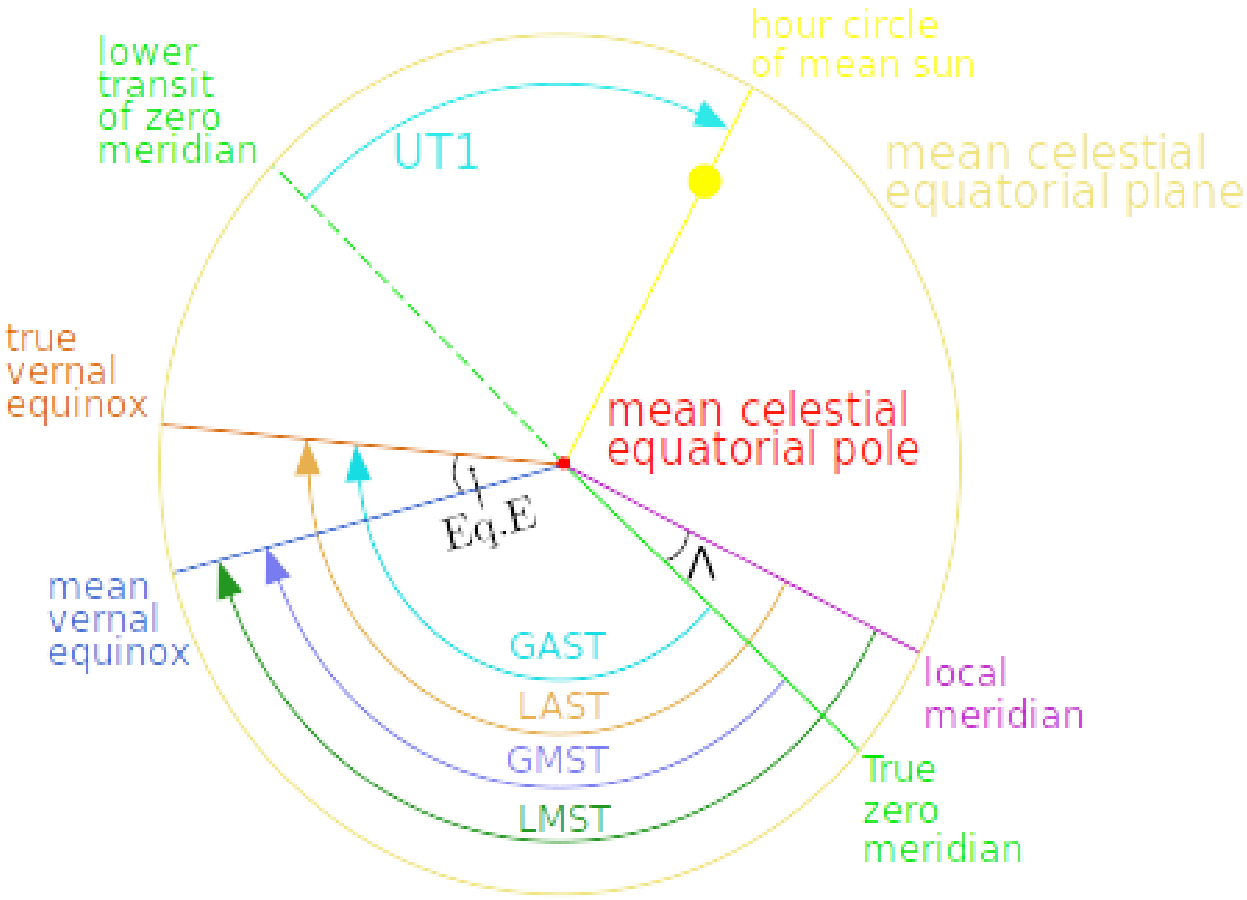
- Yer dönme parametreleri (Earth Rotation Parameters, ERP)
- IVS-CONT17 Kampanyası
- VLBI Analiz Parametrizasyonu
- IERS2010, okyanus gelgitleri kaynaklı Yer dönme parametreleri (ERP) değişim modeli
- VLBI ölçülerinden ve IERS2010 model değerlerinden elde edilen Yer dönme parametrelerinin karşılaştırılması
- Sonuçlar

Yer dönme parametreleri (ERP)

- Yer dönme parametreleri (ERP);
  - Kutup gezinmesi koordinatları (xp, yp): Göksel ara kutbun (CIP) TRF koordinatları
  - ΔUT1 = **Evrensel Zaman (UT1)** - Eşgüdümlü Atomik Zaman (UTC)

    (ΔUT1 = UT1 - UTC): Yer'in uzaya göre üçüncü eksen mutlak dönüklük günlük faz açısı





IVS-CONT17 kampanyası VLBI radyo teleskopları

Legacy 1
Legacy 2

VLBI oturumlarının analizi

- Vienna VLBI and Satellite Software (VieVS 3.1) (Boehm vd. 2018)

- Nutasyon ofsetleri: IAU2006-2000A presesyon-nutasyon modeli + IERS C04 14 serisi (Bizouard vd. 2018)
- **Yer dönme parametreleri (ERP: xp, yp, UT1-UTC) öncül değerleri: IERS C04 14 + librasyon**
- **ERP: UT tam saatleri PLO (0:00, 1:00,…,23:00 UT)**

- Öncül TRF kataloğu: ITRF2014, her günlük oturum için tek ofset kestirimi (NNT/NNR datum koşul denklemleri)
- İstasyonlarda oluşan jeodinamik yerdeğiştirmelere ilişkin öncül düzeltmeler: IERS 2010 konvansiyonları:
  - katı Yer gelgitleri (Petit ve Luzum 2010, Mathews vd. 1995),
  - okyanus gelgitsel yüklemeleri (FES2004, Lyard vd. 2006),
  - atmosfer basıncı yüklemeleri (gelgitsel ve gelgitsel olmayan) (Petrov ve Boy 2004) ve
  - kutup gelgitleri (Petit ve Luzum 2010).
- Öncül CRF kataloğu: ICRF2, her oturum için tek ofset kestirimi (NNR datum koşul denklemleri)

- Saat hataları: kestirim (kuadratik polinom + PLO)
- İyonosfer gecikmesi (S ve X radyo frekanslı ölçülerin lineer kombinasyonu, korelatörler)
- Troposfer sinyal gecikme modeli (Davis vd. 1985; MacMillan 1995)
  - ZHD: (Saastamoinen 1972), VMF3 (Landskron ve Böhm 2018)
  - ZWD: kestirim PLO (UT tam saatleri), VMF3
  - Gn, Ge: kestirim PLO (6 saat aralıklı UT tam saatlerinde 0:00 , 6:00,…,18:00) (Chen ve Herring 1997)

Okyanus gelgitleri kaynaklı Yer dönme parametreleri değişimleri IERS2010 model katsayıları

Gelgit	Delaunay Değişkenleri						Periyot (gün)	xp (µas)		yp (µas)		ΔUT1 (µs)	
	ϒ	ℓ	ℓ′	F	D	Ω		Sin A_k	Cos B_k	Sin A_k'	Cos B_k'	Sin A_k''	Cos B_k''
Q1	1	-1	0	-2	0	-2	1.1195148	6.2	26.3	-26.3	6.2	5.12	-2.5
O1	1	0	0	-2	0	-2	1.0758059	48.8	132.9	-132.9	48.8	16.02	12.07
P1	1	0	0	-2	2	-2	1.0027454	26.1	51.2	-51.2	26.1	5.51	-3.1
K1	1	0	0	0	0	0	0.9972696	-77.5	-151.7	151.7	-77.5	-17.62	8.55
N2	2	-1	0	-2	0	-2	0.5274312	-56.9	-12.9	11.1	32.9	-3.79	-1.56
M2	2	0	0	-2	0	-2	0.5175251	-330.2	-27	37.6	195.9	-16.19	-7.25
S2	2	0	0	-2	2	-2	0.500000	-144.1	63.6	59.2	86.6	-7.55	-0.16
K2	2	0	0	0	0	0	0.4986348	-38.5	19.1	17.7	23.1	-2.10	0.04

En büyük genlikli gelgitsel hareketler için yüksek frekanslı ERP değişimi model değerleri (IERS 2010 konvansiyonları, Petit ve Luzum 2010; Ray vd. 1994)

IERS2010 okyanus gelgitleri kaynaklı Yer dönme parametreleri değişim modeli

- IERS 2010 Yüksek Frekanslı ERP Okyanus Gelgit Modeli (Ray vd. 1994)

$$\xi_k(t) = \sum_{j=1}^{6} a_{kj}\alpha_j(t)$$

$\xi_k(t)$: İlgili gelgit ve epoktaki delaunay (astronomik) argümanlar ile elde edilen ERP harmonik modeli astronomik faz açısı

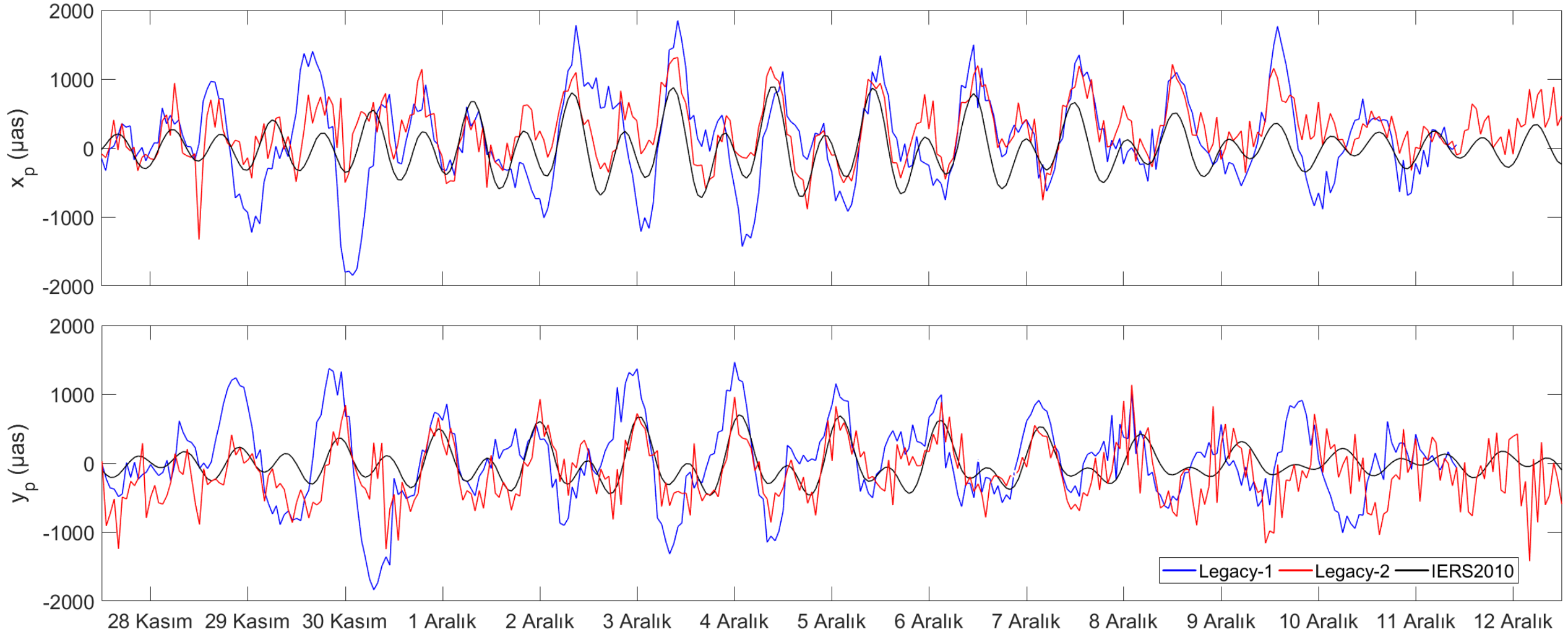
$$x_p(t) = \sum_{k=1}^{71} A_k \sin(\xi_k(t)) + B_k \cos(\xi_k(t))$$

$$y_p(t) = \sum_{k=1}^{71} A_k' \sin(\xi_k(t)) + B_k' \cos(\xi_k(t))$$

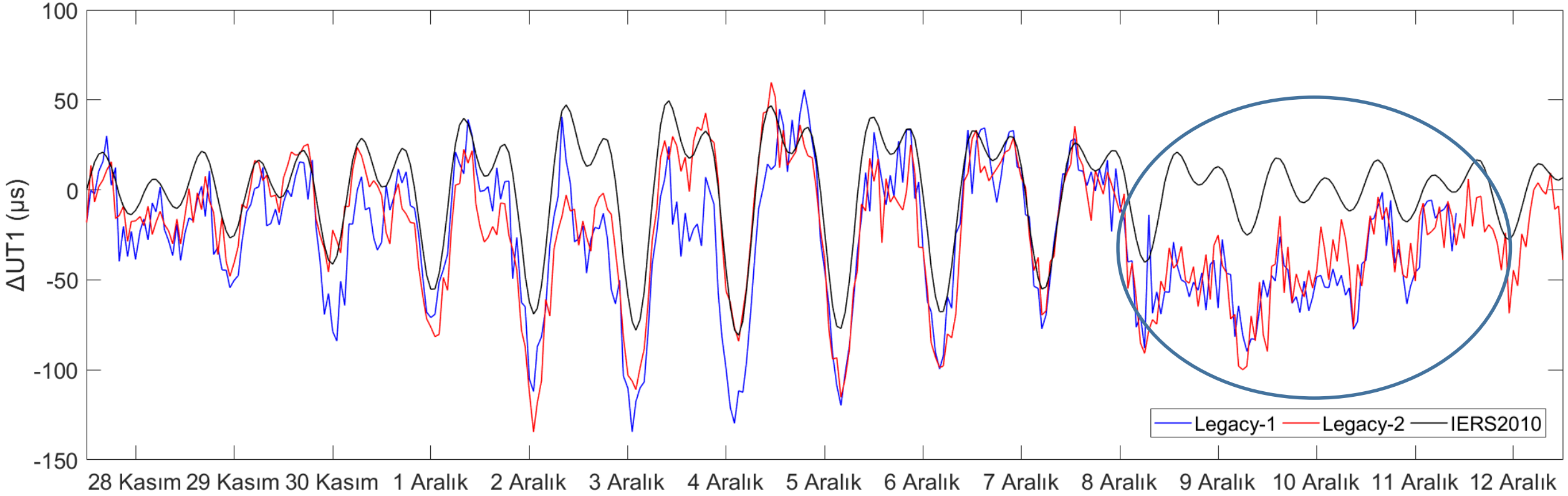
$$\Delta UT1(t) = \sum_{k=1}^{71} A_k'' \sin(\xi_k(t)) + B_k'' \cos(\xi_k(t))$$

$A_k, B_k, A_k', B_k', A_k'', B_k''$: xp, yp ve ΔUT1 model genlikleri

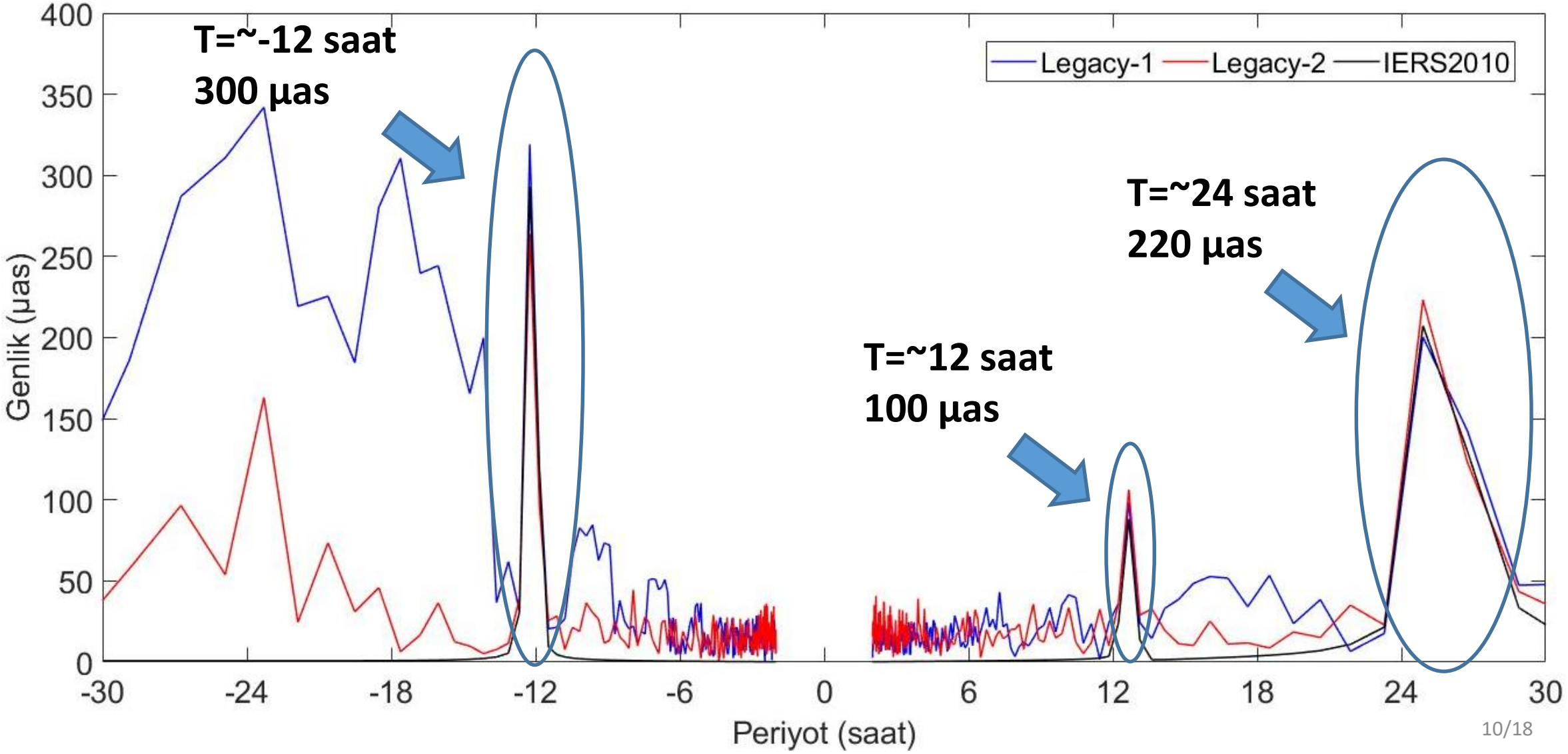
Kutup gezinmesi bileşenleri



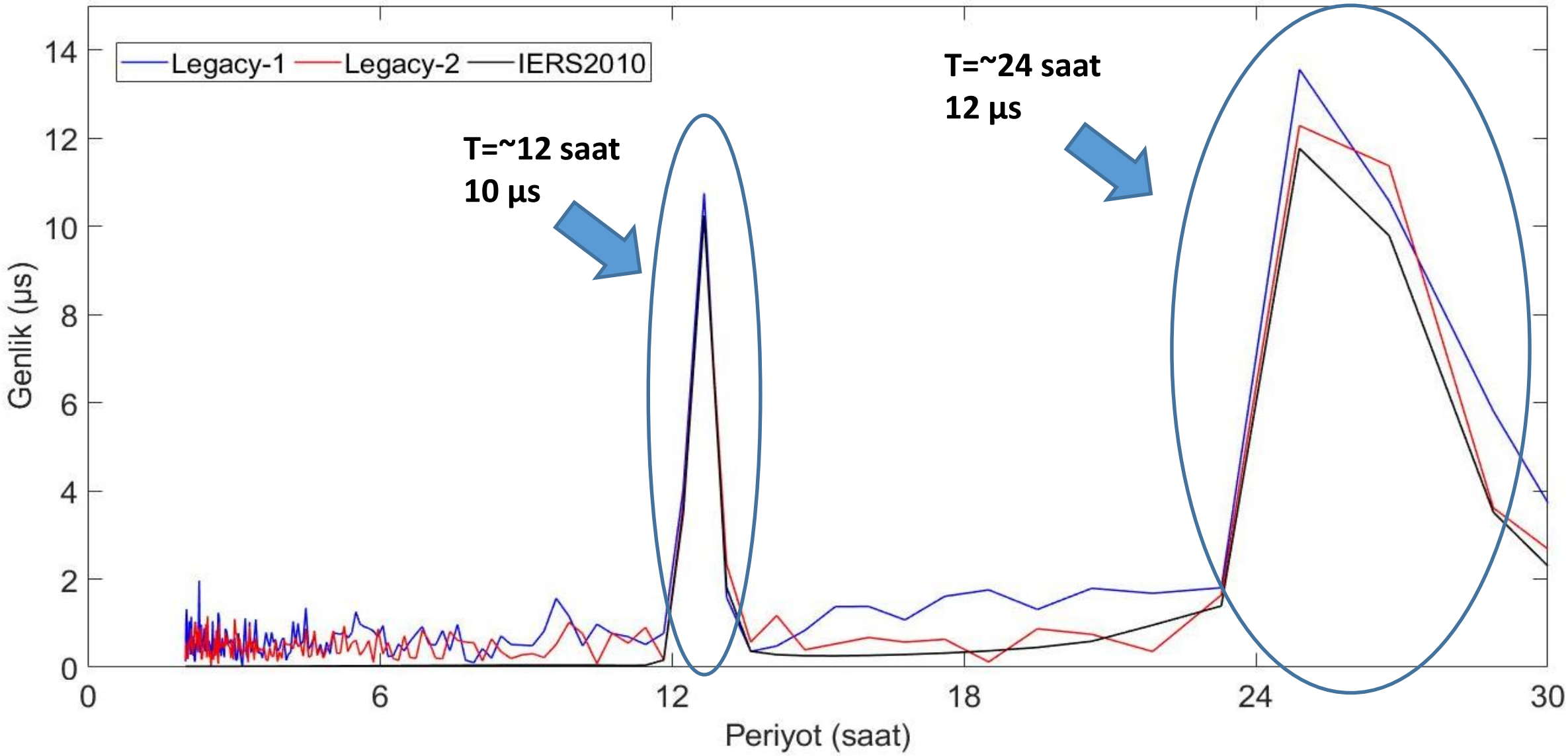
Evrensel zaman (UT1-UTC)



Kutup gezinmesi Fourier spektrumu



Evrensel zaman Fourier spektrumu



Kestirim yöntemleri

- En küçük kareler

$$min\left[\sum v^2\right] = min[v_1^2 + v_2^2 + \cdots + v_n^2]$$

- Kompleks demodülasyon

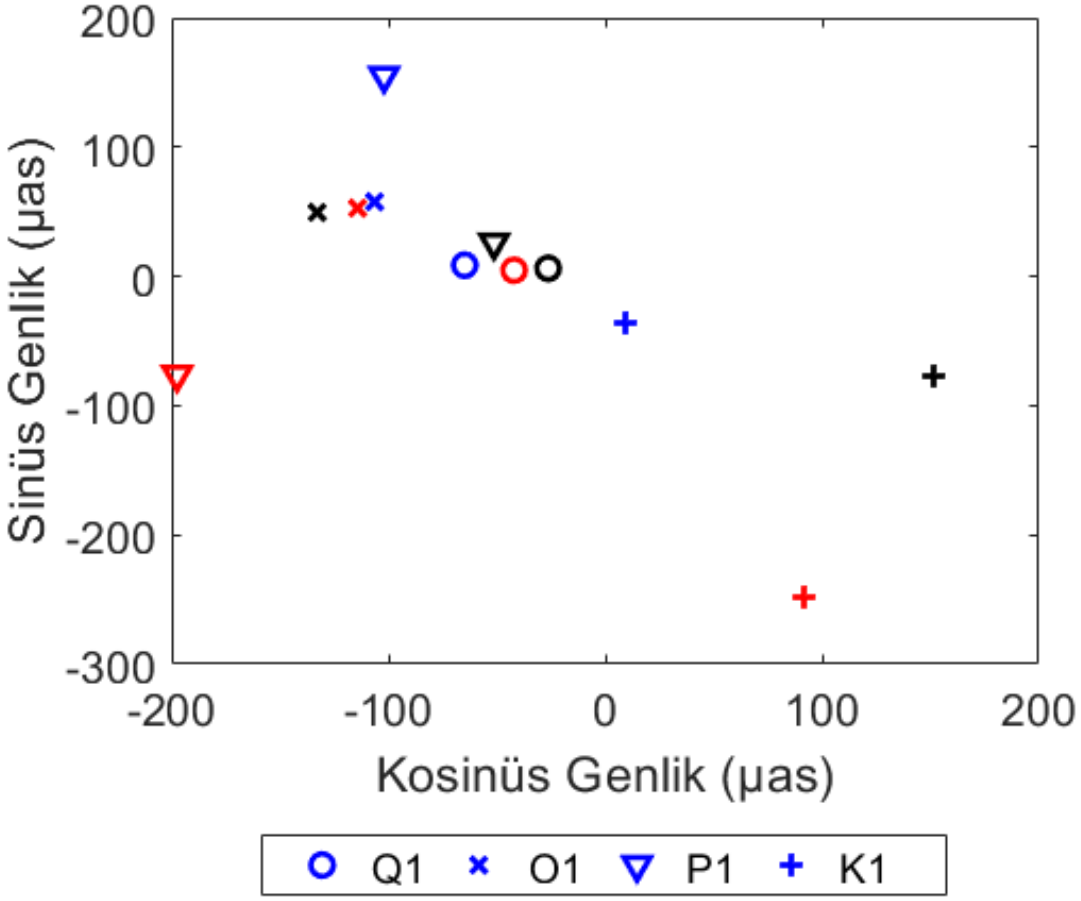
$$A_k = \mathbb{R}\mathrm{e}[LPF[x_p(t)e^{i\xi_k(t)}]]$$

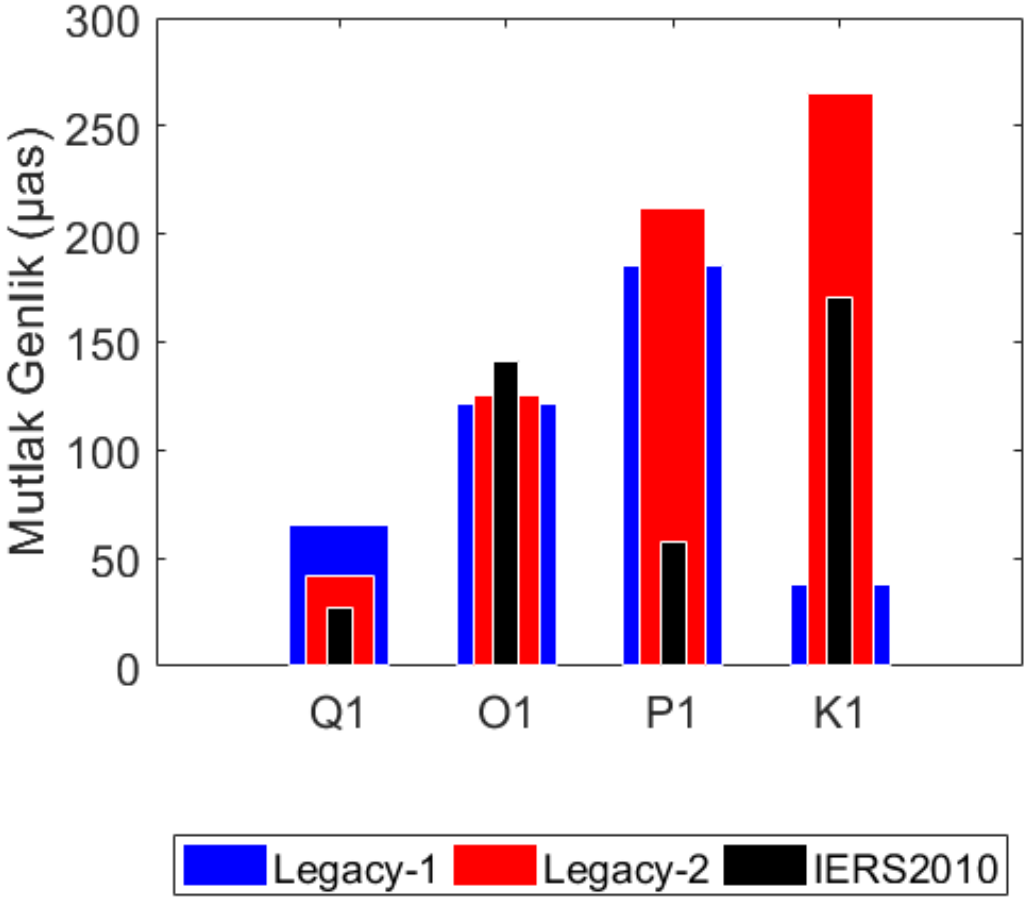
$$B_k = \mathbb{I}\mathrm{m}[LPF[x_p(t)e^{i\xi_k(t)}]]$$

(Brzezinski ve Böhm 2011)

~24 saat fazör (en küçük kareler)

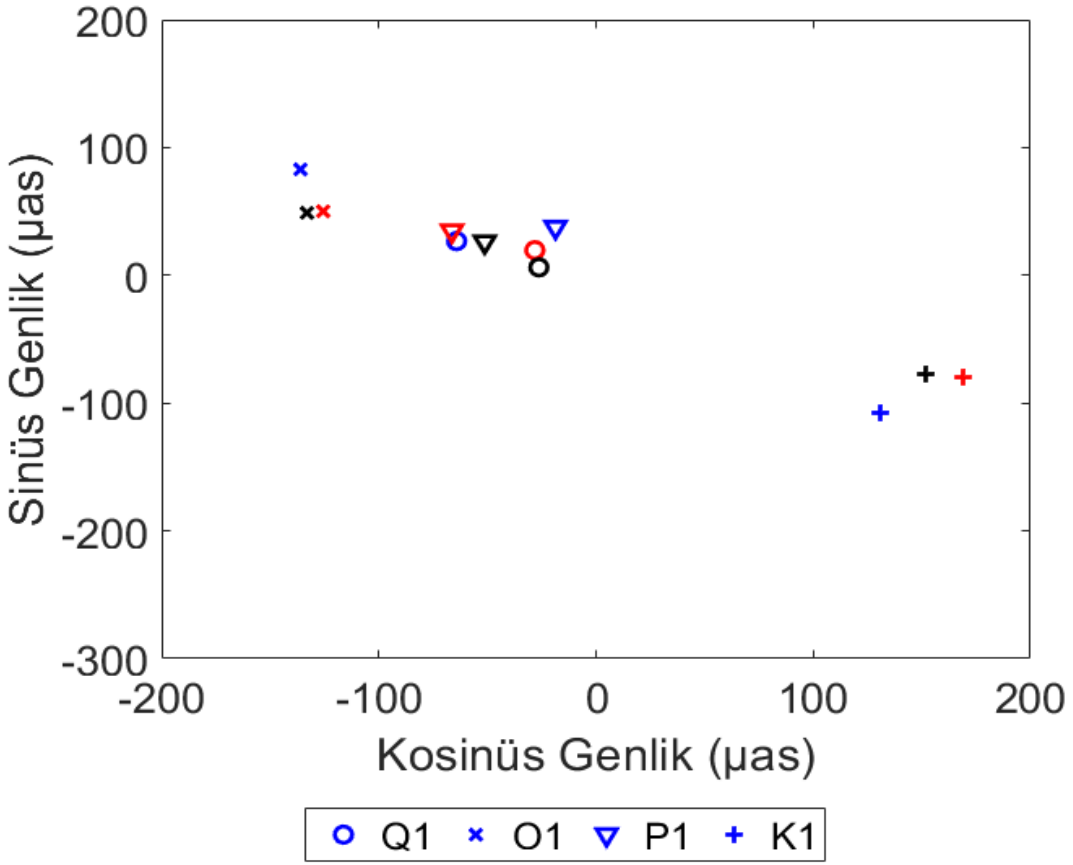
ileri giden hareket (prograde motion)

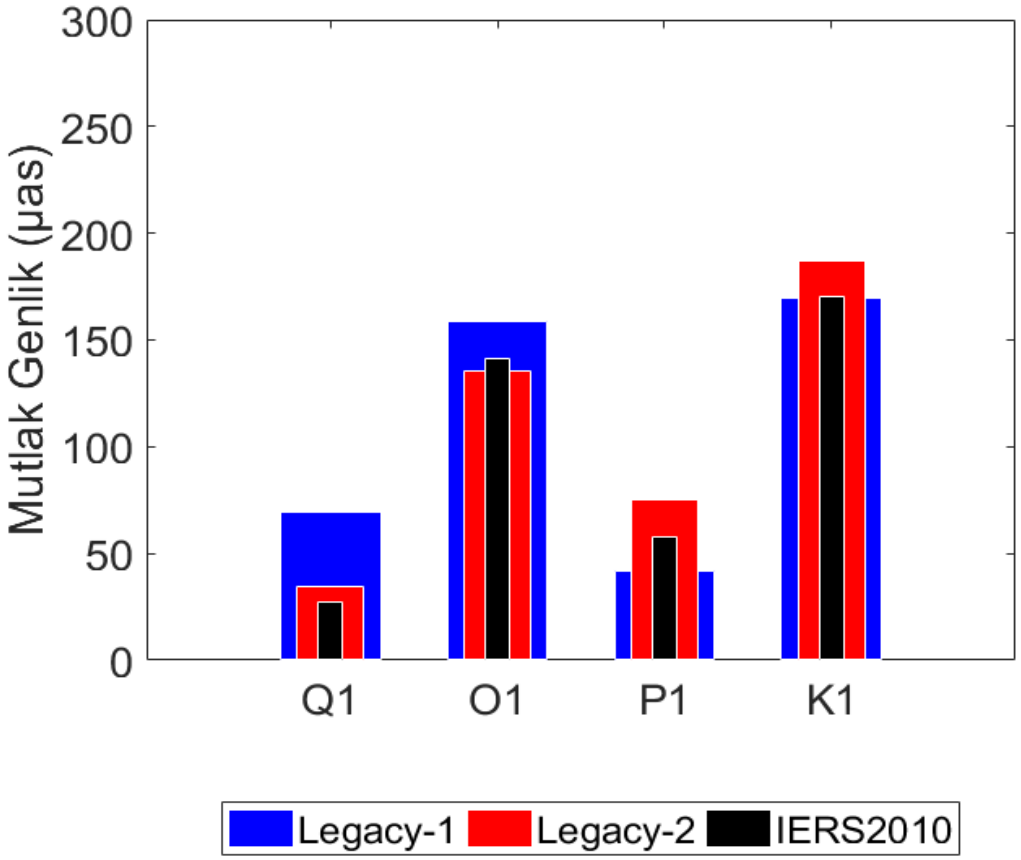




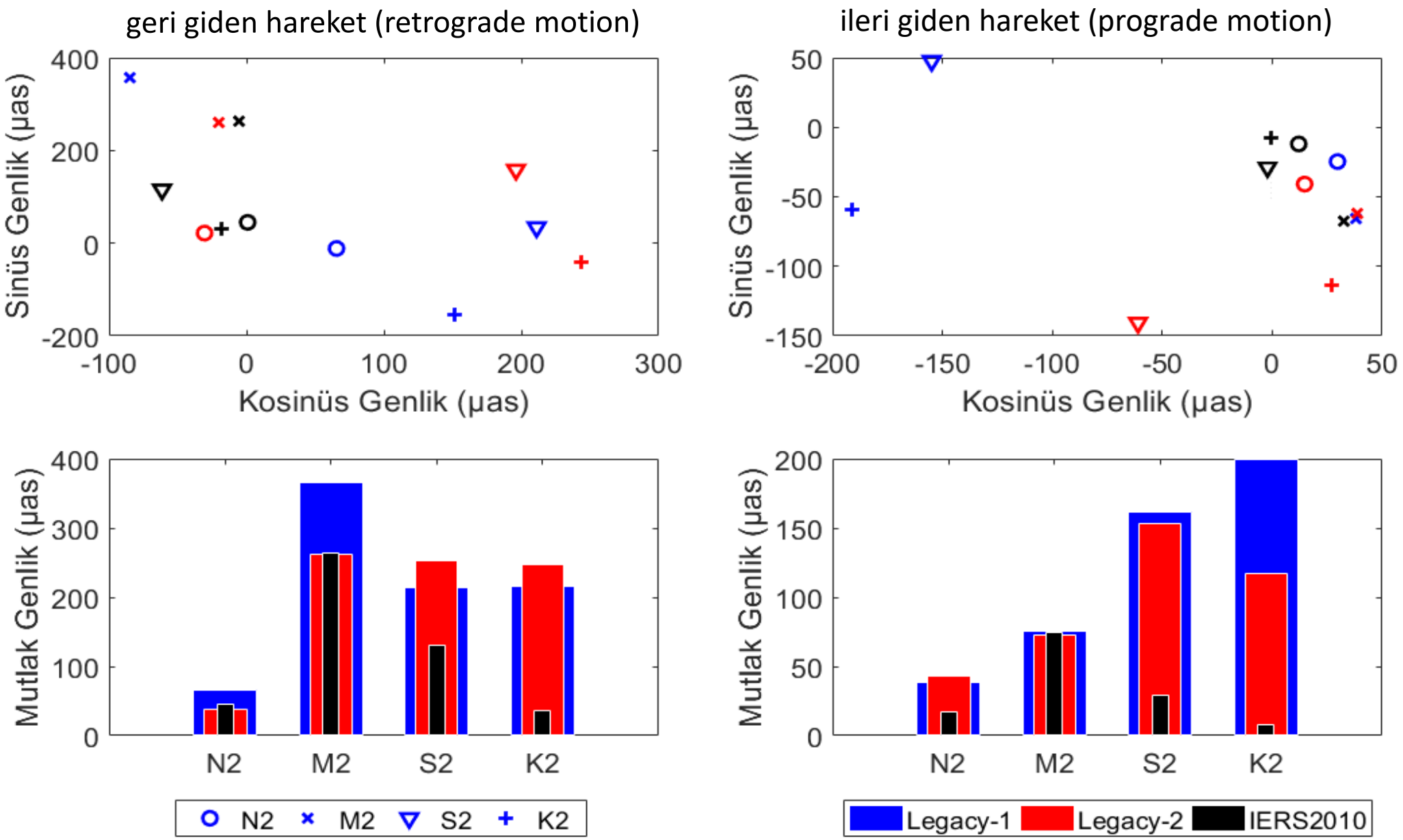
~24 saat fazör (kompleks demodülasyon)

ileri giden hareket (prograde motion)

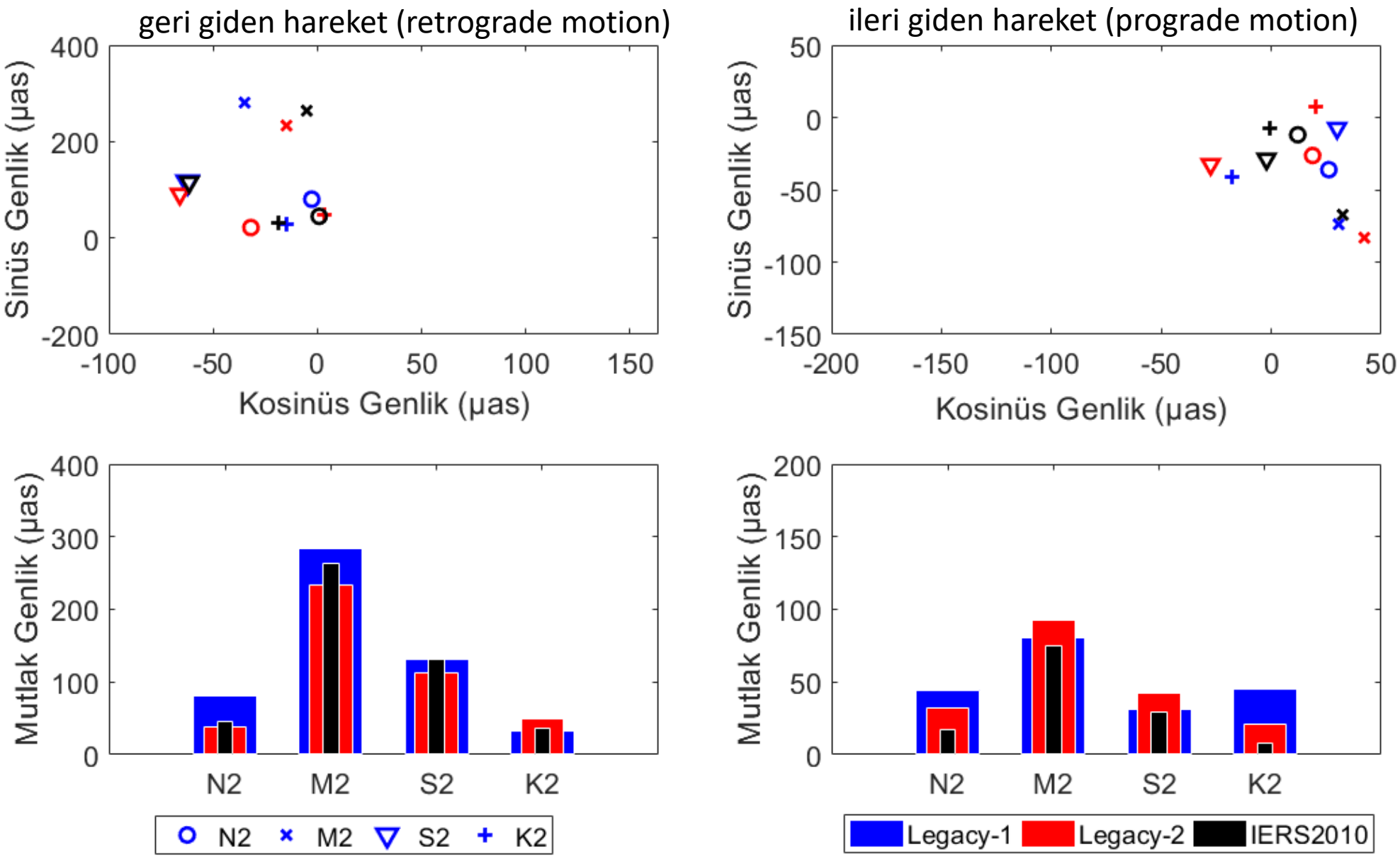




~12 saat fazör (en küçük kareler)



~12 saat fazör (kompleks demodülasyon)



Sonuçlar ve Öneriler

- IVS-CONT17 oturumları (Legacy-1 ve Legacy-2 ağları) ölçülerinin analizi sonucu, **günlük periyottaki** ana gelgitlerin,
  - en küçük kareler yöntemi ile O1 ve Q1 gelgitleri eş faz ve faz dışı genlikleri,
  - kompleks demodülasyon yöntemi ile tüm gelgitlerin genlikleri,

  IERS model değerleri ile ortalama 20 µas farklarla kestirilmiştir.
- **Yarı-günlük periyottaki** ana gelgitlerde ise
  - kompleks demodülasyon yöntemi tüm gelgitsel bileşenlerin eş fazlı ve faz dışı genliklerini hem ileri giden hem de geri giden hareketler için yüksek hassasiyetle kestirebilmekteyken,
  - en küçük kareler yöntemi ile elde edilen S2 ve K2 gelgitlerinin model ile uyuşumu düşük seviyededir.
- 15 günlük CONT17 oturumları ölçüleri ve en küçük kareler yöntemi, ERP günlük periyotlu gelgitlerinden P1'i K1'den ve yarı-günlük periyotlu gelgitlerden S2'yi K2'den ayrıştırmada yetersiz kalmıştır.
- Kompleks demodülasyon yöntemi ile elde edilen ana gelgitlerin genlikleri en küçük kareler yöntemine göre IERS model genliklerine daha iyi uyum sağlamıştır.
- Her iki IVS-CONT17 kampanyasının da (Legacy-1 ve Legacy-2) IERS modeli ile hem eş fazlı hem de faz dışı genlikler için uyumu yaklaşık aynı düzeyde olup bir sonraki çalışmada kestirim doğruluklarının artırılabilmesi için diğer IVS-CONT oturumlarını da (CONT05, CONT08, CONT11 ve CONT14) kapsayan bir veri seti kullanılması öngürülmüştür.

Referanslar

- Bizouard, C., Lambert, S., Gattano, C. Becker, O., Richard, J.Y., (2018). The IERS EOP 14C04 solution for Earth orientation parameters consistent with ITRF 2014, Journal of Geodesy doi: 10.1007/s00190-018-1186-3
- Böhm, J., Böhm, S. , Boisits, J., Girdiuk, A. , Gruber, J., Hellerschmied, A. , Krasna, H., Landskron, D. , Madzak, M. , Mayer, D. , McCallum, J. , McCallum, L., Schartner, M., Teke , K., (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
- Brzezinski, A., Böhm, S., (2011). Analysis of the high frequency components of Earth rotation demodulated from VLBI data, Proceedings of the Journees 2011, 132-135
- Chen, G., Herring, T.A., (1997) Effects of atmospheric azimuthal asymmetry on the analysis from space geodetic data. J Geophys Res 102(B9):20489–20502. doi: 10.1029/97JB01739
- Davis, J.L., Herring, T.A., Shapiro, I.I., Rogers, A.E.E., Elgered, G.,1985. Geodesy by radio interferometry: effects of atmospheric modeling errors on estimates of baseline length, Radio Science, 20,1593–1607
- Landskron, D. , Böhm, J. (2018) . VMF3/GPT3: refined discrete and empirical troposphere mapping functions, Journal of Geodesy, 92: 349. doi:10.1007/s00190-017-1066-2
- Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., Francis, O., (2006). Modelling the global ocean tides:Modern insight from FES2004, Ocean Dyn., 56-394-415, doi:10.1007/s10236-006-0086-x
- MacMillan, D.S., (1995). Atmospheric gradients from very long baseline interferometry observations, Geophysical Research Letters 22(9), 1041-1044
- Mathews, P. M., Buffett, B. A., and Shapiro, I. I., 1995, “Love numbers for a rotating spheroidal Earth: New definitions and numerical values,” Geophys. Res. Lett., 22(5), pp. 579–582
- Petrov, L., Boy, J.P., (2004). Study of the atmospheric pressure loading signal in Very Long Baseline Interferometry observations. J. Geophys. Res. 109 (B3), B03405. doi: 10.1029/2003JB002500.
- Petit, G., Luzum, B., (2010). IERS Conventions 2010, IERS Technical Note; 36. Verlag des Bundesamts fü r Kartographie und Geodasie, Frankfurt am Main, ISBN 3-89888-989-6.
- Ray R.D., Steinberg D.J., Chao B.F., Cartwright D.E. (1994). Diurnal and semidiurnal variations in the Earth’s rotation rate induced by ocean tides, Science, Vol.264,No.5160, 830-832
- Saastamoinen, J., (1972). Introduction to practical computation of astronomical refraction,Bulletin Geodesique, 46, 383-397.

Dinlediğiniz için teşekkür ederiz.

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 115Y244 no'lu bilimsel araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisine sağladığı verilerden ötürü teşekkür ederiz.