T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TUSAGA-AKTİF NOKTALARINDA RENKLİ GÜRÜLTÜLERDEN ARINDIRILMIŞ HIZ BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

Sercan BÜLBÜL

DOKTORA TEZİ

Kasım-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

DOKTORA TEZİ

TUSAGA-AKTİF NOKTALARINDA RENKLİ GÜRÜLTÜLERDEN ARINDIRILMIŞ HIZ BİLEŞENLERİNİN BELİRLENMESİ

Sercan BÜLBÜL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2018, 156 Sayfa

Jüri
Danışmanın Prof. Dr. Cevat İNAL
Prof. Dr. Bayram TURGUT
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Doç. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU
Doç. Dr. Salih ALÇAY

Günümüzde nokta konumları GNSS teknikleri ile belirli bir referans epoğunda seçilen referans noktalarına dayalı olarak belirlenebilmektedir. Bu yöntemle belirlenen nokta koordinatları kullanılarak uygun modellerle nokta koordinatlarının zamanla değişimleri (hızları) de seçilen bir referans epoğunda hesaplanabilmektedir. Nokta hızlarının belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken önemli hususlar GNSS ölçülerini etkileyen hataların ve GNSS sinyallerinde var olduğu bilinen gürültülerin (noise) ortadan kaldırılmasıdır. GNSS ölçülerini etkileyen hatalar uygun yöntemlerle ölçü sırasında/sonrasında ortadan kaldırılabilmesine rağmen GNSS sinyallerinde var olduğu bilinen gürültülerin ise zaman serileri yardımıyla belirlenmesi ve veriden arındırılması gerekmektedir. GNSS sinyallerindeki gürültü bileşenleri veriden arındırıldıktan sonra daha gerçekçi nokta hızları hesaplanabilmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmada, 1 / 250 000 ölçekli 9 adet paftanın kapladığı İç Anadolu bölgesi test bölgesi olarak seçilmiştir. Bu bölgede bulunan TUSAGA-Aktif istasyonlarının ham verileri 2009-2015 yılları arasında eşit aralıklı olarak (her haftadan bir gün) temin edilmiştir. Temin edilen veriler Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda bu istasyonların 2005.00 ölçü epoğunda koordinat ve hızları elde edilmiştir. Daha sonra her bir güne ait değerlendirme sonucu elde edilen koordinatlar zaman serileri ile incelenmiş ve CATS yazılımı ile birlikte bu istasyonların her üç koordinat bileşeni içinde gürültü analizi gerçekleştirilmiştir. Gürültü analizinin gerçekleştirilmesinde beyaz gürültü (WN), beyaz gürültü ile flicker gürültü (WN+FN) ve beyaz gürültü ile random walk gürültünün (WN+RWN) etkileri araştırılmıştır. Koordinat bileşenleri için gürültü yoğunluklarına bakıldığında ve tüm istasyonlar dikkate alındığında; kuzey bileşeninin sadece beyaz gürültü ile yüklü olmadığı, noktaların ~%59.1'inin WN+ FN ile ve ~%40.9'unun ise WN + RWN ile yüklü olduğu, doğu bileşeninin ise %4.5' inin sadece WN ile yüklü olduğu, ~%40.9'unun WN+ FN ile ve %54.6'sının ise WN + RWN ile yüklü olduğu, düşey bileşenin sadece beyaz gürültü ile yüklü olmadığı, ~%86.4'ünün WN +FN ile, ~%13.6' sının ise WN+ RWN ile yüklü olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde gürültü genlikleri incelendiğinde, WN için; kuzey bileşeninde12.92 mm – 1.25 mm, doğu bileşeninde 9.82 mm – 1.31 mm, yükseklik bileşeninde ise 9.90 mm – 3.07 mm arasında, WN+FN için; kuzey bileşeninde 11.23 mm - 1.47 mm, doğu bileşeninde 8.97 mm -2.00 mm, yükseklik bileşeninde ise 13.27 mm -4.28 mm, WN+RWN içinde; kuzey bileşeninde 16.45 mm -1.20 mm, doğu bileşeninde 15.98 mm -1.07 mm, yükseklik bileşeninde ise 9.63 mm -1.55 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama hataların ise; WN de; kuzey bileşeni için ±0.5053 mm - ±0.0588 mm, doğu bileşeni için, ±0.3830 mm - ±0.0612 mm, yükseklik bileşeni için, ±0.4862 mm - ±0.1585 mm, WN+FN'de; kuzey bileşeni için ±5.3900 mm- ±0.2755 mm, doğu bileşeni için, ±2.8502 mm - ±0.2154

mm, yükseklik bileşeni için, ±2.2937 mm - ±0.9997 mm, WN+ RWN'de ise; kuzey bileşeni için ±0.7460 mm - ±0.2721 mm, doğu bileşeni için, ±1.1385 mm - ±0.3162 mm, yükseklik bileşeni için, ±2.4496 mm - ±0.5594 mm arasında değiştiği görülmüş ve yükseklik bileşeninin diğer bileşenlerden daha yüksek ortalama hataya sahip olduğu belirlenmiştir. Gürültüden arındırılmış ve arındırılmamış hızlar arasındaki farkların X bileşeninde ±0.3 mm, Y bileşeni için -0.4 mm - 0.1 mm, Z koordinat bileşeni için ±0.2 mm arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca, kullanılan TUSAGA-Aktif istasyonları enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklere göre gruplara ayrılarak, her üç koordinat bileşeni için en uygun gürültü modelinin enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklerle olan ilişkileri ortaya konulmuştur. İstasyonlarda en uygun gürültü modelinin enlem, boylam ve elipsoidal yükseklikle bir ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bernese v5.2, Beyaz Gürültü, Flicker Gürültü, Gürültü, Random Walk Gürültü, Renkli Gürültü, TUSAGA-Aktif

ABSTRACT

Ph. D THESIS

DETERMINATION OF VELOCITY COMPONENTS CLEARED FROM COLOURED NOISES AT TUSAGA-ACTIVE POINTS

Sercan BÜLBÜL

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN GEOMATICS ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cevat INAL

2018, 156 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr Cevat INAL
Prof. Dr. Bayram TURGUT
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Assoc. Prof. Dr. Ismail SANLIOGLU
Assoc. Prof. Dr. Salih ALCAY

Nowadays, point positions can be determined based on the reference points selected at a specific reference epoch with GNSS techniques. By using the point coordinates determined by this method, the changes (velocities) of the point coordinates with the appropriate models can also be calculated in a selected reference epoch. The important points to be considered in determining the point velocities are eliminating the errors affecting the GNSS measurements and the noise known to exist in GNSS signals. Although the errors affecting GNSS measurements can be eliminated by appropriate methods during / after measurement, the known noises in GNSS signals should be determined by time series and they should be removed from the data. After noise components were removed from GNSS signals, more accurate velocities can be calculated.

In the study, the Central Anatolia region, covered by 9 maps of which scales are 1/250 000 is selected test region. The RINEX data of the TNGPN-Active stations in this region were obtained equally between 2009-2015 (one day every week). The obtained data were processed using Bernese v5.2 Scientific GNSS software. At the end of the process, the coordinates and velocities of these stations were obtained at the 2005.00 reference epoch. Then, the obtained coordinates corresponding to eeach day were examined with times series and the noise analysis was performed for all coordinate components of these stations using CATS software. At noise analyses, the effects of white noise (WN), white noise +flicker noise (WN + FN) and white noise+ random walk noise (WN + RWN) were investigated. When the magnitudes of noise for all stations were examined for all coordinates components, it was determined that; the north component is not only loaded with white noise, ~ 59.1% of the points is loaded with WN+FN and ~ 40.9% is loaded with WN+RWN; 4.5% of the east component is loaded only with WN, 40.9% is loaded with WN+FN and 54.6% is loaded with WN+RWN; the up component is not only loaded with white noise, 86.4% is loaded with WN+FN and 13.6% is loaded with WN+RWN. Similarly, when the amplitudes of the noise are examined, it is seen that; the amplitudes range from 2.92 mm to 1.25 mm at north, 9.82 mm – 1.31 mm at east, 9.90 mm – 3.07 mm at up component for WN; the amplitudes are between 11.23 mm – 1.47 mm at north, 8.97 mm – 2.00 mm at east and 13.27 mm – 4.28 mm at up component for WN+FN; they range from 16.45 mm to 1.20 mm at north, 15.98 mm – 1.07 mm at east, 9.63 mm – 1.55 mm at up component for WN+RWN. When the root mean squares were examined, it is seen that; the rms errors of WN range ±0.5053 mm - ±0.0588 mm, ±0.3830 mm - ±0.0612 mm and ±0.4862 mm - ±0.1585 mm corresponding to north, east and

up components, respectively. The rms errors corresponding to WN+FN are between ±5.3900 mm - ±0.2755 mm for north, ±2.8502 mm - ±0.2154 mm for east and ±2.2937 mm - ±0.9997 mm for up components. The rms errors of WN+RWN range ±0.7460 mm - ±0.2721 mm, ±1.1385 mm - ±0.3162 mm and ±2.4496 mm - ±0.5594 mm correspondign to north, east and up components, respectively. When the differences between noise-loaded velocities and noise-removed velocities are determined ±0.3 mm for X, -0.4 - 0.1 mm for Y and ±0.2 mm for Z coordinates. In addition, the using TNGPN-Active stations were divided into groups according to their latitude, longitude and ellipsoidal heights, and the relations of the most suitable noise model for all three coordinate components were investigated. According to the results, it was concluded that the most suitable noise model in the stations has no relation with latitude, longitude and ellipsoidal height.

Keywords: Bernese v5.2, Coloured Noise, CORS-Tr, Flicker Noise, Noise, Random Walk Noise, TNGPN-Active, White Noise

ÖNSÖZ

Lisans eğitimimden beri yanımda olan, engin bilgi ve tecrübelerini bana aktarmaktan hiç tereddüt etmeyen, tezin oluşumu ve hazırlanması aşamasında her türlü desteğini gördüğüm sadece danışman hocalığımı değil çoğu zaman bir babanın oğluna gösterdiği özveriyi gösteren Sayın Danışman Hocam **Prof. Dr. Cevat İNAL**'a sonsuz minnettarım.

Doktora çalışmam boyunca hep yanımda olan, tecrübelerinden her zaman yararlandığım her türlü desteğini hissettiğim Sayın Hocam **Doç. Dr. Ömer YILDIRIM**'a,

Her zaman yanımda olup karşılaştığım sorunların çözümünde desteklerini esirgemeyen Sayın Hocam **Öğretim Görevlisi Dr. Fuat BAŞÇİFTÇİ**'ye,

Tez İzleme Komitemde olup olumlu görüşleri ile beni yönlendiren Sayın Hocalarım **Prof. Dr. Bayram TURGUT** ve **Prof. Dr. Ekrem TUŞAT**'a,

Programlama konusunda desteklerini gördüğüm sayın **Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ**'a,

Her zaman desteklerini hissettiğim hem arkadaşım hem hocam olan Sayın **Doç. Dr. Salih ALÇAY**'a,

Doktora çalışmam boyunca yanımda olan **Arş. Gör. Burhaneddin BİLGEN**'e ve mesai arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, çoğu zaman kendilerinden çok beni düşünen tüm zor zamanlarımda yanımda olan, bugünlere gelmemde emeklerini ve özverilerini hiçbir zaman unutamayacağım kıymetli Annem **Sevilay BÜLBÜL**'e, koca bir çınar gibi arkamda duran her zor zamanımda yanımda olan, her zaman arkamda olan kıymetli Babam **Ali Kemal BÜLBÜL**'e ne kadar teşekkür etsem azdır.

Lisans ve lisansüstü hayatım boyunca her daim yanımda olan, bu zorlu süreçlerde yaşadığım tüm sıkıntılara rağmen yüzümü güldüren ve başarılarımın arkasında olan koca kalpli eşim **Nergiz BÜLBÜL**, yeri geldi senin vaktinden çaldım, yeri geldi beraber çalıştık; ama bir kere bile olsun desteğini esirgemedin. İyi ki hayatımda varsın….

Sercan BÜLBÜL
KONYA-2018

Doktora eğitimim esnasında hayatıma girerek her zaman yüzümü güldüren bir baba kelimesi ile dünyanın en şanslı insanı olmamamı hissettiren Oğlum **Ata Can** ve bu süreçte hep yanımda olan sevgili eşim **Nergiz BÜLBÜL'**e …

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **x**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xiii**

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER ..... **xvii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tezin Amacı ve Önemi 2
1.2. Literatür Araştırması 3
1.3. Tezin Bölümleri 11

2. GNSS AĞLARI **13**

2.1. Uluslararası GNSS Ağı 13
2.2. TUSAGA-AKTİF Ağı 14
2.3. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) 16

3. TUTGA VE TUSAGA-AKTİF NOKTALARINDAKİ KOORDİNAT DEĞİŞİMLERİNİN KESTİRİMİ **18**

4. GNSS ÖLÇÜLERİNDE VAR OLAN GÜRÜLTÜLER **21**

4.1. Ağırlıklı En Küçük Kareler (WLS) Yöntemi ile Hız Belirsizliklerinin Tahmini 22
4.2. Power-law Gürültünün Kovaryans Matrisi 23
4.2.1. Tam sayı spektral indekslerdeki gürültü 24
4.2.1.1. Beyaz gürültü (κ =0) 24
4.2.1.2. Random-walk gürültü (κ =-2) 25
4.2.1.3. Flicker gürültü (κ =-1) 25

4.3. Eşit Aralıklı Veriler İçin Hız Hata Tahminleri 26
4.3.1. Tam sayı spektral indekslerle gürültü 26
4.3.1.1. Beyaz gürültü (**κ** =0) 26
4.3.1.2. Random-walk gürültü (**κ** =-2) 27
4.3.1.3. Flicker gürültü (**κ** =-1) 28
4.3.2. Tamsayı spektral indekse sahip olmayan renkli gürültü 28
4.4. Gürültü Modellerinin Zaman Serileri ile Belirlenmesi 29
4.4.1. Koordinat zaman serisi analizi 30
4.4.1.1. CATS yazılımında stokastik modeller 30
4.4.1.1.1. Maksimum likelihood tahmini 31
4.4.1.1.2. Deneysel yöntem 31
4.4.1.1.3. Spektral tahmin 31
4.4.1.2. CATS yazılımında girdi dosyaları 32
4.4.1.3. CATS'ın kullanımı 33
4.4.1.4. Genel CATS çıktıları 35

5. BERNESE V5.2 BİLİMSEL GNSS YAZILIMI 37

5.1. BERNESE v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı kullanıcı Dosyaları 39
5.1.1. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı DATAPOOL klasörü 39
5.1.2. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı KAMPANYA klasörü 42
5.2. Veri Çözümlemede Kullanılacak Bernese Alt Programı (RNX2SNX.PCF) ... 44
5.2.1. Ön hazırlık ve öncül koordinatların oluşturulması 44
5.2.2. Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması 44
5.2.3. Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü 45
5.2.4. Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması 45
5.2.5. Faz başlangıç belirsizliklerinin çözümlenmesi 46
5.2.6. Final çözümünün gerçekleştirilmesi 46
5.2.7. BPE'nin sonlandırılması 47
5.3. Hız Tahmini (ADDNEQ2) 47
5.4. Veri İndirme Programı (VIP) 48

6. UYGULAMA 53

6.1. Çalışma Alanının Tanıtılması 53

6.1.1. IGS istasyonlarının seçimi 54
6.1.2. TUSAGA-Aktif istasyonlarının seçimi 55
6.2. Verilerin Temin edilmesi 56
6.2.1. IGS verilerinin temin edilmesi 57
6.2.2. TUSAGA-Aktif verilerinin temin edilmesi 57
6.2.3. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı için verilerin temin edilmesi 58
6.2.3.1. Veri indirme programı ile verilerin temin edilmesi 58
6.2.3.2. Kullanıcı tarafından oluşturulan verilerin temin edilmesi 58
6.3. Verilerin Analizi 62
6.3.1. Güncel nokta koordinat ve hızlarının belirlenmesi 65
6.3.2. Gürültü modellerinin belirlenmesi 67
6.4. Gürültüden Arındırılmış Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi 78
6.5. Enlem, Boylam ve Elipsoidal Yüksekliğe Bağlı Gürültü Modellerinin Belirlenmesi 82
6.5.1. Enleme bağlı gürültü modelleri 83
6.5.2. Boylama bağlı gürültü modelleri 84
6.5.3. Elipsoidal yüksekliğe bağlı gürültü modelleri 85

7. SONUÇLAR 87

KAYNAKLAR 92

EKLER 98

ÖZGEÇMİŞ 156

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

f	: Konumsal/zamansal frekans
P_0	: Normalize edilmiş sabit
f_0	: Normalize edilmiş sabit
κ	: Spekral indeks
μ	: Gerilme katsayısı
t_i	: Zaman
x_i	: Nokta konum
n	: Zaman serisinin uzunluğu
$\varepsilon_i(t_i)$	: Hata terimi
$\alpha(t_i)$	: Bir dizi zamanla korelasyonlu rasgele değişken
a	: K spektral indekste beyaz gürültü büyüklüğü
$b_{K\neq0}$	: K spektral indekste renkli gürültü büyüklüğü
I	: Birim matris
J_K	: Yaklaşık renkli gürültü kovaryans matrisi
$\hat{C}_{\hat{y}}$	: Kovaryans matrisi
ΔT	: Ölçeklendirme matrisi
f_s	: Hertz biriminde örnekleme frekansı
f_0	: Çapraz frekans
J_n	: Gürültü kovaryans matrisi
ψ_0	: Beyaz gürültü katsayısı
ψ_n	: Renkli gürültü katsaysı
P_{old}	: Flicker gürültü için ilk örnekleme katsayısı
P_{new}	: Flicker gürültü için örnekleme katsayısı
b_{old}	: Flicker gürültü için ilk katsayı
b_{new}	: Flicker gürültü katsayısı
σ_f^2	: Hızların tahminlerindeki varyans

Kısaltmalar

ABB	: İstasyon dosyalarının kısa adları
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGA	: Ana GPS Ağı
AIUB	: Astronomical Institute of the University of Bern
ASG-EUPOS	: The Polish Active Geodetic Network
ATL	: Atmospheric Tide Loading
BLQ	: Ocean Tide Loading
BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
BPE	: Bernese Processing Engine
BUSKI	: Bursa Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü
CATS	: Coordinate Analysis Time Series
CGNSS	: Continuous Global Navigation Satellite System
CGPS	: Continuous Global Positioning System
CLK	: Saat düzeltmesi
CLU	: Çözümlemede kullanılan kümeler
CMONOC	: The Crustal Movement Observation Network of China
CN	: Coloured Noise
CRD	: Koordinat dosyaları
DCB	: Differential Code Bias
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DORIS	: The Doppler Orbitography and Radio-positioning Integrated by Satellite
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
dst	: Jeomanyetik aktivite
ED50	: European Datum 1950
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
EM	: Emprical Estimation
EOF	: Empirical Orthogonal Function
EPH	: Standard Deviation of Horizontal Position Error
ERP	: The Earth Rotation Parameters
ESEAS	: The European Sea Level Service
ESKİ	: Eskişehir Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü

F10.7	: Güneş aktivitesi
FFT	: Fast Fourier Transform
FN	: Flicker Noise
FOGM	: First-order Gauss Markov
GAMIT/GLOBK	: GNSS at MIT/ Global Kalman filter
GGMatlab	: GAMIT/GLOBK MATLAB TOOL ()
GIPSY	: GNSS-Inferred Positioning Software
GIPSY/OASIS II	:GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software-II
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
HELMR1	: Helmert Dönüşümü
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
HOI	: Higher Order Ionospheric
IERS	: International Earth Rotation and Reference Systems
IGS	: International GNSS Service
ITRF	: The International Terrestrial Reference Frame
İKÜ	: İstanbul Kültür Üniversitesi
KAF	: Kuzey Anadolu Fay Hattı
KKTC	: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
km	: Kilometre
kp	: Jeomanyetik fırtına
MAGNET	: Marmara Sürekli GPS Ağı
MATLAB	: Matrix Laboratory
MLE	: Maksimum Likelihood Estimation
NEQ	: Generation of small Normal EQuation
NN	: Nokta No
NNE	: Network Noise Estimater
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
PC	: Personal Computer
PFO	: The Ida and Cecil Green Pin˜on Flat Observatory
PLD	: İstasyonların hangi tektonik plakada olduğunu gösteren dosya
PPP	: Precise Point Positioning
PSMSL	: Permanent Service for Mean Sea Level

RINEX	: Receiver Independent Exchange Format
rms	: Root Mean Squares
RNX2SNX.PCF	: The Process Control File of double difference solution
RTK	: Real Time Kinematic
RWN	: Random Walk Noise
SCIGN	: The Southern California Integrated GPS Network
SE	: Spectral Estimation
SGA	: Sıklaştırma GPS Ağı
SGPS	: Sabit Global Konumlama Sistemi
SINEX	: Solution (Software/technique) INdependent EXchange Format
SNX	: SINEX dosyası
STA	: İstasyon bilgi dosyası
SUM	: Özet dosyası
TKGM	: Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUBİTAK-MAM	: TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
TUSAGA-Aktif	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temek GPS Ağı
TUTGA	: Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VEL	: İstasyon hızları
VİP	: Veri İndirme Programı
WLS	: Weighted Least Squares
WMF1	: The Vienna Mapping Functions
WN	: White Noise
.ION	: İyonosfer dosyası
.sp3	: Hassas yörünge efemerisi
.TRO	: Troposfer dosyası

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER

Şekiller listesi

Şekil 2.1. IGS istasyonlarının dağılımı 14
Şekil 2.2. TUSAGA-Aktif istasyonları 15
Şekil 2.3 TUTGA Ağı 16
Şekil 2.4 Türkiye ve çevresindeki hız alanları 17
Şekil 3.1 Türkiye'nin üzerinde bulunduğu tektonik plakalar ve hareketleri 18
Şekil 3.2 Türkiye yatay hız alanı (Aktuğ ve ark, 2011) 20
Şekil 4.1 Veri sayısı ve gürültü modeli ilişkisi 29
Şekil 4.2. CATS zaman serileri dosyasına bir örnek 33
Şekil 4.3 CATS yazılımı çalışma prensibi 35
Şekil 4.4. Verbose seçeneği ile CATS programından elde edilen çıktı dosyası 35
Şekil 5.1. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ana ekran görüntüsü 37
Şekil 5.2. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında kullanıcı dosyaları 38
Şekil 5.3. Bernese 5.2 Bilimsel GNSS yazılımı DATAPOOL ana dosyaları 40
Şekil 5.4 DATAPOOL klasörü ve alt dizinlerinin doldurulması 42
Şekil 5.5. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı KAMPANYA klasörü 43
Şekil 5.6. RNX2SNX.PCF ilk aşama 44
Şekil 5.7. RNX2SNX.PCF ikinci aşama 45
Şekil 5.8. RNX2SNX.PCF üçüncü aşama 45
Şekil 5.9. RNX2SNX.PCF dördüncü aşama 46
Şekil 5.10. RNX2SNX.PCF beşinci aşama 46
Şekil 5.11. RNX2SNX.PCF altıncı aşama 46
Şekil 5.12. RNX2SNX.PCF son aşama 47
Şekil 5.13. Hız kestirimi ADDNEQ2 48
Şekil 5.14. Veri indirme programı ara yüzü 48
Şekil 5.15. Tarih giriş ekranı 49
Şekil 5.16. VIP COD ekranı 49
Şekil 5.17. VİP'da igs ve igl ekranları 50
Şekil 5.18. VİP'de GEN ekranı 50
Şekil 5.19. VİP'de DCB ekranı 51
Şekil 5.20. VİP'de STA ekranı 51

Şekil 5.21. VİP'de IGS ve EUREF noktaları ekranı 51
Şekil 5.22. VIP'de indirilen ve indirilemeyen veri ekranı 52
Şekil 6.1 TUSAGA-Aktif ağı ve çalışma bölgesi 53
Şekil 6.2 Kullanılan IGS istasyonları 54
Şekil 6.3. Çalışma bölgesi ve Türkiye aktif fay hatları 56
Şekil 6.4 IGS isyasyonları veri uzunluğu 57
Şekil 6.5 TUSAGA-Aktif istasyonları veri uzunluğu 57
Şekil 6.6 ABB dosyasına örnek 59
Şekil 6.7 ATL dosyasına örnek 59
Şekil 6.8 BLQ dosyasına örnek 59
Şekil 6.9 CLU dosyasına örnek 60
Şekil 6.10 CRD dosyasına örnek 60
Şekil 6.11 PLD dosyasına örnek 60
Şekil 6.12 STA dosyasına örnek 61
Şekil 6.13 VEL dosyasına örnek 61
Şekil 6.14 Yıllık olarak temin edilen verilerin göstermi 62
Şekil 6.15 RNX2SNX.PCF iş akış diyagramı 63
Şekil 6.16 Çözüm yapılan günlerin kısa gösterimi 64
Şekil 6.17 Küçültülmüş ölçü eşitliklerinin birleştirilmesi için kullanılan komut ekranı 65
Şekil 6.18 cats.m komut dosyasından bir ekran görüntüsü 69
Şekil 6.19 cats.m komut dosyasının çalıştırılması sonucunda elde edilen çıktı dosyası 69
Şekil 6.20 Kuzey bileşeni gürültü dağılımı 74
Şekil 6.21 Doğu bileşeni gürültü dağılımı 74
Şekil 6.22 Düşey koordinat bileşeni gürültü dağılımı 75
Şekil 6.23 ADAN istasyonu X koordinatının seriye açılması 78
Şekil 6.24 ADAN istasyonu X koordinatı için Trend 'in gösterimi 79
Şekil 6.25 ADAN istasyonu X koordinatı için periyodik etkinin gösterimi 79
Şekil 6.26 ADAN istasyonu X koordinatı için Gürültü + Trend 'in gösterimi 79
Şekil 6.27 Çalışma noktalarının konumları ile gösterimi 83

Çizelgeler listesi

Çizelge 6.1. IGS noktalarının yaklaşık konum bilgileri 54
Çizelge 6.2. TUSAGA-Aktif istasyonları yaklaşık koordinatları ve yerleri 55
Çizelge 6.3 Temin edilen veriler 56
Çizelge 6.4 Bernese v5.2 Bilimsel yazılımı için gerekli dosyalar ve indirilme yöntemi 58
Çizelge 6.5 2005.00 ölçü epoğunda güncel koordinatlar(m)..... 66
Çizelge 6.6 2005.00 ölçü epoğunda güncel hızlar(m) 67
Çizelge 6.7 ADAN istasyonu için haftalık çözümlerden elde edilen koordinatlar ve ortalama hataları (m)..... 68
Çizelge 6.8 Kuzey Bileşeni (n) için MLE değerleri 71
Çizelge 6.9 Doğu bileşeni (e) için MLE değerleri..... 72
Çizelge 6.10 Yükseklik bileşeni (h) için MLE değerleri..... 73
Çizelge 6.11 Kuzey bileşeni gürültü genlikler(mm) 75
Çizelge 6.12 Doğu bileşeni gürültü genlikler (mm) 76
Çizelge 6.13 Yükseklik bileşeni gürültü genlikler (mm) 77
Çizelge 6.14 Gürültü bileşenlerinden arındırılmış ve arındırılmamış hız bileşenleri (m) 80
Çizelge 6.15 Gürültü bileşenlerinden arındırılmış hızlara ait koh'lar (m)..... 81
Çizelge 6.16 Gürültüden arındırılmış ve arındırılmamış hızlar arasındaki farklar (mm) 82
Çizelge 6.17 Enlemlerine göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması..... 83
Çizelge 6.18 Enleme göre gruplar için en uygun gürültü modelleri 84
Çizelge 6.19 Boylamlarına göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması..... 84
Çizelge 6.20 Boylama göre gruplar için en uygun gürültü modelleri 85
Çizelge 6.21 Elipsoidal yüksekliklerine göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması 86
Çizelge 6.22 Elipsoidal yükseklilerine göre gruplar için en uygun gürültü modelleri... 86

1. GİRİŞ

Günümüzde Uydularla Konum Belirleme Sistemi (GNSS: Global Navigation Satellite System) ile nokta konumlarının belirlenmesi sıkça kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Nokta konumları GNSS ile belirlendiği zaman hem GNSS hata kaynaklarına dikkat edilmesi hem de uzun dönemli GNSS ölçüleri ile belirlenen nokta konumlarındaki gürültü bileşenlerinin ortaya konulması gerekmektedir. GNSS yöntemi ile uzun süreli olarak nokta konumları belirlendikten sonra belirlenen nokta koordinatlarına dayalı olarak nokta hızları da kestirilmektedir.

GNSS ölçülerini etkileyen hatalar ve GNSS sinyallerini etkileyen gürültüler birbirleriyle karıştırıldığı için, GNSS zaman serilerinin doğruluğunu ve gürültünün kaynağını belirlemek zorlaşmaktadır. Gürültü analizinin gerçek amacı muhtemel gürültüyü veriden arındırmak ya da en aza indirmektedir. GNSS sinyallerini etkileyen gürültü türleri, zamandan bağımsız, donanım ve ölçü hataları ile ilişkili ise bu hatalar beyaz gürültü (WN: White Noise), zamanla korelasyonlu ve GNSS frekanslarını etkileyen hatalar ile ilişkili olması durumunda ise renkli gürültü (CN: Coloured Noise) olarak ifade edilmektedir. WN dışında kalan FN ve RWN için power süreç olarak ifade edilen süreç CN olarak tanımlanmaktadır. Verideki mevcut olan gürültülerin arındırılması ve gürültüden arındırılmış hız bileşenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Örneğin veride, korelasyonlu gürültü modeli ihmal edilip, buna dayalı olarak hız bileşenlerinin belirlenmesi yanlış sonuçlara neden olmaktadır. Bu nedenle, hız bileşenlerinin kestirilmesinde gürültü türünün belirlenip, veriden arındırılması önemlidir.

Korelasyonlu gürültü modellerini ortaya koymak için, gerçekleştirilen çalışmada üç gürültü tipi ve bu gürültü tiplerinin kombinasyonları kullanmıştır. İlk olarak, gürültünün sadece WN olduğu varsayılmış, daha sonra ise WN+flicker gürültünün (FN: Flicker Noise) bir kombinasyonu ve WN+ random walk gürültünün (RWN: Random Walk Noise) kombinasyonu kullanılmıştır. Tercih edilen gürültü modeli bu üç kombinasyondan biri olarak belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, gürültü modelinin genlikleri ve spektral indeksleri WN ile eş zamanlı olarak ortaya konulmuştur. Gürültü parametrelerini tahmin etmek ve en uygun gürültü modelini ortaya koymak için Maksimum Likelihood Tahmin (MLE: Maximum Likelihood Estimation) kullanılmıştır.

1.1. Tezin Amacı ve Önemi

GNSS verilerinden günlük koordinat kestirimi yapılarak, noktaların hızları belirlenebilmektedir. Bu hızların GNSS sinyallerinin sahip olduğu gürültü (noise) bileşenleriyle de yüklü olduğu bilinmektedir. Bu durumda karşımıza çıkan en temel sorunlardan biriside bu verilerde bulunan CN ve WN etkilerinin araştırılması, ortaya çıkarılması ve bu etkilerden arındırılmış olarak hızların belirlenmesidir. Bu kestirimlerde renkli olarak kabul edilen gürültülerin zamanla korelasyonlu olması nedeniyle çözümlenen GNSS ham verilerinin hız kestirimlerinin bunlara dayalı olarak belirlenmesi gerekmektedir. GNSS ham verileri çözümlenirken BERNESE v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının ADDNEQ2 alt fonksiyonu hızların belirlenmesine olanak sağlamakta ve daha sonra da zaman serilerini kullanarak renkli ve beyaz gürültülerden arındırılmış gerçek hızlar belirlenebilmektedir. Hazırlanan bu tezde, Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının bu özelliğinden yararlanılarak, seçilen bölgedeki Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif (CORS-TR)) noktalarının, renkli ve beyaz gürültülerden arındırılmış hız bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Jeodezik amaçlarla kullanılacak nokta koordinatları deprem, tektonik hareketler, dünyanın hareketi vb. doğal olaylar ya da insanoğlunun müdahalesi sonucunda yer değiştirmelere maruz kalmaktadır. Bu yer değiştirmeler sonucunda nokta koordinatları dinamik bir yapıda olmaktadır. Dinamik yapıda olan bu hareketler sonucunda daha önce tesis edilmiş olan sabit noktaların koordinatları zamana bağlı olarak yer değiştirmekte ve bir hareket göstermektedir. Bu hareket sonucunda ise gerçekleştirilecek ölçümlerin doğruluğu değişecek ve gerçek değerler elde edilemeyecektir. Bu kapsamda sabit olarak kabul edilen noktaların koordinat bileşenlerinin hareketlerini etkileyen hız bileşenlerinin belirlenmesi ve bu hızlar dikkate alınarak bu noktaların kullanılması gerekmektedir. Özellikle TUSAGA-Aktif kullanılarak yapılan statik GNSS ölçmelerinde yeni noktaların koordinatları yüksek doğrulukta ve güvenirlikte belirlenebilecektir. Bu çalışmada, bugüne kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak TUSAGA-AKTİF noktalarındaki hız bileşenlerinin renkli gürültülerden arındırılması konusu araştırılmıştır. Bu sayede TUSAGA-Aktif noktaları kullanılarak gerek yapılarda gerekse yerkabuğundaki deformasyonlar daha güvenilir olarak belirlenebilecektir.

1.2. Literatür Araştırması

Tezin hazırlanmasında daha önce yapılan bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Gerçekleştirilen bilimsel çalışmaların kısa özetleri ise aşağıda verilmiştir.

Wyatt (1989) ve (1982), Uluslararası makalelerde, Sürekli kayıt altına alınan strainmetre ve tiltmetre ölçülerinin power-law sürecin RWN'e yakın olduğunu sonucuna varmışlardır.

Johnson ve Agnew (1995), Uluslararası makalede, tesis şekline bağlı olarak RWN'un hız belirsizliklerine etkisini araştırmıştırlardır. Daha önceden WN ve RWN'un miktarlarının bilindiği yapay verileri kullanmışlar ve çalışma sonucunda eğer zamana bağlı korelasyon ihmal edilirse bu gürültülerin hızlara etkisinin çok az olduğunu belirlemişlerdir ve ölçü zamanına bağlı olarak bu etkilerin ortadan kaldırılabileceği ifade etmişlerdir.

King ve ark. (1995), Uluslararası makalede, Kuzey Kaliforniya Sürekli Gözlem Yapan GNSS (CGNSS) ağını incelemişlerdir. 1991-1994 yılları arasındaki toplanan veriyi inceleyerek RWN tespit edememişledir. Bunun nedenini ise mevcut verinin kısalığından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Langbein ve Johnson (1995), Uluslararası bildiride ve Langbein ve ark. (1987) Uluslararası makalede, iki renkli geodimetre ölçülerinde RWN'un power-law süreçe benzer olduğu sonucuna varmışlardır.

Zhang ve ark. (1997), Uluslararası makalede, Güney Kaliforniya'da bulunun 10 farklı bölgedeki sürekli GNSS verilerini incelemişlerdir. Tam sayı spektral indekslerle MLE kullanarak verideki gürültüyü en iyi WN+FN kombinasyonunun tanımladığını ifade etmişlerdir. Güç spektrali kullanarak yaptıkları analizde ise, gürültü -0.4 spektral endekste fractal gürültü ile karakterize edildiğini belirtmişlerdir.

Calais (1999), Uluslararası makalede, Avrupa'da bulunun 3 adet sabit GNSS noktasını analiz etmiştir. Bu çalışmada veriyi en iyi WN ve FN kombinasyonunun tanımladığını ifade etmiştir.

Mao ve ark. (1999), Uluslararası makalede, küresel olarak dağılmış CGNSS istasyonlarından 23 tanesinin 3 yıllık verisini incelemişlerdir. Hem belirli bir spektral endekste hem de power spektrada Maksimum Likelihood Tahmin (MLE) kullanılarak, verileri WN ve FN'un en iyi tanımladığını belirlemişlerdir. Ayrıca çalışmada düşey bileşen için WN'un de enleme bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Johnson ve Agnew (2000), Uluslararası raporda, Uluslararası Dijital Sismograf Ağında (PFO) (Anonim1, 2018) bulunan 50 m mesafedeki 2 tane Sürekli Gözlem Yapan GPS (CGPS) noktasını incelemişlerdir. Yatay bileşende düşük frekanslarda RWN'un en iyi modellenebileceğini, bunun nedeninin ise genellikle görülen WN'un frekansının bölgesel noktalarda 10 kat daha küçük olmasından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

Herring (2003), Uluslararası makale'de, son yıllarda dünyada sürekli gözlem yapan GPS istasyonlarının kurulduğundan ve bunlardan yararlanılarak tektonik hareketler sonucunda plaka hareketlerinin belirlenmesinden bahsetmiştir. Daha sonra ise GNSS at MIT/ Global Kalman filter (GAMIT/GLOBK) yazılımı ile değerlendirilen ham verilerin zaman serileri ile incelenebilmesi için ASCII formatında hazırlanan verileri kullanarak GAMIT/GLOBK MATLAB TOOL (GGMatlab) isimli bir Matrix Laboratory (MATLAB) alt yordam oluşturmuştur. Bu alt yordamın nasıl çalıştığını ve çalışma prensiplerini açıklamıştır.

Williams (2003a), Uluslararası makalede, hız alanları CGPS ağlarının yaygın bir ürünü olduğunu ifade etmiştir. Hız alanlarının tahmininde kullanılan zaman serilerinde offset olması durumunda yanlı sonuçlar alınacağını ifade etmiştir. Eğer hız alanları korelasyondan arındırılırsa, offset hız belirlemede baskın olabileceğini ifade etmiştir. Yapay (tektonik olmayan) kesiklikler çevresel ve donamım değişikliklerinden, insan müdahalesi, hatalardan dolayı artacağını açıklamıştır. Mevcut veri setlerinin analizinde, bileşen bazında, her bir offset değerinin 9 yılda meydana geldiğini ve buna rağmen her 2 yılda bir ofset oluşacak şekilde gerçekleştiğini ortaya koymuştur. Etki ofset tahmini gürültü bileşenine bağlı olarak belirsiz bir oranda oluşabileceğini açıklamıştır.

Williams (2003b), Uluslararası makalede, herhangi bir power law gürültü modeli için kovaryans matrisinden elde edilen genel formu göstermiş ve gürültü genlikleri için hız oranları, örnekleme frekansları ve zaman serilerinin uzunluğu ile alakalı deneysel eşitliklerden bahsetmiştir. Bunlara ek olarak, verileri analiz etmek ve hızlarını belirlemek için kullanılan eşitlikleri göstermiştir. Bu eşitlikleride daha önce yapılan jeodezik verilerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırarak test etmiştir.

Simav ve ark. (2004), Uluslararası makalede, Sabit Global Konumlama Sistemi (SGPS) istasyonlarını zaman serileri ile incelemişler ve en uygun gürültü modeli ortaya koymuşlardır. Toplanan verileri GAMIT/GLOBK yazılı ile değerlendirmişlerdir. Nokta hızlarını belirlenmesinde yatayda 2.5 yıllık bir sürenin düşeyde ise 3 yıllık sürelerin gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Gürültü modelleri ortaya konulurken, WN+ FN'un en uygun gürültü modeli olduğunu belirlemişlerdir.

Williams ve ark. (2004), Uluslararası makalede, 9 adet farklı GPS çözümünde, 414 farklı alandan ve 954 sürekli GPS koordinat zaman serilerinin hepsi MLE kullanılarak gürültü bileşenleri analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu serilerin uzunluğunun 16 aydan 10 yıla kadar uzandığı ifade etmişlerdir. MLE yöntemini verileri iki şekilde analiz etmek için kullandıklarını belirtmişlerdir. İlk analizleri gürültülerin sadece WN, WN+FN veya WN+RWN kombinasyonu olduğu varsayılarak gerçekleştirmişlerdir. İkinci analizleri ise spekral aralık ve power law gürültünün büyüklüğü WN ile aynı anda belirleyerek gerçekleştirmişlerdir. Çözümlerde, bölgelerin global olarak dağılmış olduğu, gürültü en iyi WN+FN'un bir kombinasyonuyla tanımlayabileceğini ifade etmişlerdir. Konumsal korelasyon sinyalinden arındırılan bölgesel çözümlemelerde, gürültünün önemli derecede daha düşük olduğunu tespit etmişerdir. Bölgesel çözümlemelerde power law gürültünün konumsal aralığı küresel çözümlemeden daha çeşitli olduğu ve lokal etkinin bir kombinasyonunu yansıttığı belirlemişlerdir. Gürültüdeki önemli bir indirgeme ise 1990'lı yılların başlarında kayıt edilmeye başlanan ilk CGPS ağında da görüldüğünü ifadeetmişledir. Güney Kaliforniya Entegre GPS Ağındaki farklı sabit tesis yapılarındaki gürültü bileşenlerinin karşılaştırılmasında derin matkap ağızlı sabit nokta tesislerin seçilmesi stabilite için tercih edilebilir bir yöntem olduğunu vurgulamışlardır.

Kurt ve ark. (2005), Ulusal bildiride, TUSAGA istasyonlarının 2005 yılındaki mevcut durumundan bahsetmişler ve bu istasyonlara bölgesel bir ağ olan Marmara Sürekli İzleme Ağı İstasyonlarının verilerini de ekleyerek Türkiye'nin çevresinde bulunan 13 adet IGS istasyonu verilerini referans istasyonu olarak seçerek GAMIT/GLOBK yazılımı ile otomatik olarak çözümlemişlerdir. Değerlendirilen günlük çözümleri birleştirerek zaman serilerini elde etmişlerdir. Elde edilen zaman serilerinin spektral analiz yöntemi ile analiz edilebilmesi için kaba hata ayıklaması yapmışlardır.

Teferle ve ark. (2005), Uluslararası makelede, deniz seviyesinin belirlenmesinde GPS verilerinden yararlanılarak zaman serileri ile analiz edilmesi sonucunda deniz seviyesindeki değişimleri karşılaştırmışlardır. 17 farklı ülkeden 27 tane GPS istasyonunun verisini kullanarak analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Erdoğan (2006), Doktora Tez çalışmasında, İstanbul'da bulunan Boğaziçi köprüsünün büyük mühendislik yapılarından biri olduğunu belirtmiş ve dinamik bir yapısının olduğunu ifade ederek bu dinamik yapı sonucunda oluşan hareketleri farklı jeodezik ölçüler ve köprüye etkiyen diğer kuvvetleri dikkate alarak zaman serileri ile araştırmıştır.

Prawirodirdjo ve ark. (2006), Uluslararası makalede, yüzey sıcaklık varyasyonundan elde edilen, yeryuvarı kabuğundaki elastik gerilmenin Güney Kaliforniya Entegre GPS ağı (SCIGN: South California Integrand GPS Network) istasyonlarının günlük koordinat zaman serilerinde gözlemlenen mevsimsel varyasyon için önemli bir etki olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca çalışmada, tek tip elastik yarı uzay üzerinde elastik olarak ayrılmış bir tabakada olduğu varsayılmış ve gözlemlenen lokal atmosferik sıcaklık kayıtlarından elde edilen termoelastiklikliği belirlemişlerdir. Yatay GPS koordinat zaman serileri için termoelastik gerilmedeki mevsimsel varyansı karşılaştırmışlardır. Uygulamayı, üç bölgeye (Palmdale, 29 Palms ve Idyllwild) ayırarak gerçekleştirmişlerdir. Her bir bölgede 1 tane sıcaklık ölçme istasyonu ve 3-6 GPS istasyonu bulunduğundan bahsetmişlerdir. Sıcaklık zaman serileri sıcaklık alanlarında sıcaklığın rölatif konumunu esas alarak her bir istasyondaki termoelastik gerilmeyi hesaplamak için kullanıldığını ifadeetmişlerdir. Her bir bölge için, çalışmada lokal topografya ile ilişkili sıcaklık alanları için bir dalga boyu belirlemişlerdir. Ayrıştırılmış tabakaların derinliği GPS zaman serileri ve kaydedilen sıcaklık arasındaki farktan yararlanılarak belirlenmiştir. 1μ gerilme olarak hesaplanan, her bir GPS istasyonundaki gerilme varyasyonunun rölatif büyüklüğü sıcaklık alanındaki bu istasyonun rölatif konumu ile ilişkilendirilmiştir. Model ve veri arasındaki uyuşumun kalitesini mevsimsel sinyalin rölatif büyüklüğünden ve ayrılmış tabakaların derinliğinden, seçilen sıcaklık dalga boyunun uygunluğundan yararlanılarak değerlendirilebileceğinden söz etmişlerdir. Analizler sonucunda, tahmin edilen gerilme ve GPS zaman serileri arasında uyuşum olduğundan bahsetmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise kullanılan malzemenin cinsinin termoelastik gerilmeyi belirleyen önemli bir etken olduğu açıklanmışlar ve GPS verilerindeki sinyal ve gürültünün iyileştirilmesinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. RWN'un saptanabilir olup olmadığı, zaman serisinin uzunluğuna, örnekleme frekansına ve diğer gürültü bileşenlerinin göreli genliklerine bağlı olduğundan söz etmişlerdir. Bununla birlikte, bu tür gürültü, zemine tesis edilen pilyenin uygun bir derinlikte olması ve konumlandırılan yerin dikkatli seçilmesi sonucu en aza indirilebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Teferle ve ark. (2008), Uluslararası makalede, CGPS ağı koordinat zaman serisi analizi ile yüksek doğruluklu olarak düşey istasyonlarda hızları belirlemek için değerlendirmişlerdir. Uygulamada, 3 yöntemin kombinasyonunu kullanmışlardır. Bunlar; ilk olarak, istasyon hareket modelinin en doğru parametre tahminlerini elde etmek, ikincisi bütün parametre tahminlerinde daha gerçekçi hata sınırlarını hesaplamak için

zaman serilerinin stokastik özelliklerinin çıkarılması ve son olarak da geofiziksel/tektonik orjinli olduğu inanılan CGPS koordinat zaman serilerinde belirgin ortak sistematik varyasyonun iyileştirilmesidir. Yöntemin, sürekli olmayan ve uyuşumsuz olarak tanımlanan koordinat zaman serileri için bir ön analiz gerçekleştirmek ve daha sonrada parametre tahmininde süreksiz olarak tanımlanan offset büyüklüklerini, yıllık/yarıyıllık frekanslar ile periyodik terimi ve gerilme oranını belirlemek için ortalama bir değer aldığı ifade edilmiştir. Bütün parametrelerde MLE kullanılarak belirlenen farklı stokastik gürültülerin büyüklüklerinin pozitif olduğu belirtilmiştir. Deneysel ortogonal fonksiyon (EOF: Empirical Orthogonal Function) analizi ile belirlenen ortak modların hem konumsal hem de zamansal çeşitliliğini araştırmak için kullanıldığından sözetmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise, CGPS koordinat zaman serileri stratejisini özetleyip Avrupa Deniz Seviye Servisi (ESEAS: The European Sea Level Service) CGPS ağının bir parçası olan Avrupa da ki CGPS istasyonlarından seçilen 4 yıllık (2000-2003) bir periyodun ilk sonuçlarını açıklamışlardır.

Williams (2008), Uluslararası makalede, CGPS koordinat zaman serilerinde stokastik gürültü çözümlemesinin karşılaştırılması ve çalışılması için geliştirilen Koordinat Zaman Serileri Analizi (CATS: Coordinate Analysis Time Series) isimli bir C bilgisayar programı geliştirmiş ve sonuç olarak CGPS koordinat serilerinden türetilen parametreler için gerçekçi bir kestirim belirlendiğini ifade etmiştir. Ayrıca, programın çalışmasını özet olarak açıklamış ve bir örnek üzerinde veri girişi, komutlar ve çıktı dosyaları ve bu dosyalara nasıl erişilebileceğini anlatmıştır.

Kara (2009), Yüksek Lisans Tez çalışmasında, Türkiye'deki Uluslararası GNSS Servisi (IGS) noktalarının verilerini elde etmiş ve zaman serileriyle incelemiştir. Elde ettiği sonuçları ise zaman serilerinin bileşenlerine ayırmış ve yorumlamıştır.

Kontny ve ark. (2009), Uluslararası makalede, hız tahminleri için kullanılan Bernese programının alt yordamı olan ADDNEQ2 hakkında bilgiler verip çalışma prensiplerini açıklamışlardır. GPS verilerinin değerlendirilmesi ve hız tahminlerindeki adımlardan söz edip bir bölge için elde edilen sonuçlardan bahsetmişlerdir.

Kurt (2009), Doktora Tez çalışmasında, Türkiye'de bulunan 6 adet IGS noktası (Ankara, İstanbul, Trabzon, Mersin, Gebze ve Antalya) çalışma noktası olarak seçmiş ve bu noktalarda elde edilen verileri zaman serileri ile araştırılmıştır. Ayrıca Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu-Marmara Araştırma Merkezi (TUBİTAK-MAM) tarafından kurulan Marmara Sürekli GPS Ağı (MAGNET) istasyonlarında

toplanan GPS verilerinin analizi GAMIT/GBLOK yazılımı ile değerlendirip ITRF2000 referans datumunda zaman serileri ile incelemiştir.

Kurt ve Deniz (2009), Kurt ve Deniz (2010), Ulusal makalelerde, kampanya tipi gözlemlerin daha az alıcıyla daha fazla noktada ölçüm yapma kolaylığından bahsetmişlerdir. Ayrıca kampanya tipi ölçmelerin dezavantajlarını da ortaya koymuşlardır. Sürekli gözlem yapan GPS ağları ile kinematik modellemenin mümkün olduğu vurgulamışlardır. Yapılan uygulamada ise sabit GPS istasyonlarının verilerinin çözümlenmesi sonucunda Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktalarının hızlarının daha doğru bir şekilde belirlenmesi amaçlamışlardır. Toplanan verileri, GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirerek zaman serileri ile analiz etmişlerdir. Zaman serileri ile istasyon analizinde en uygun gürültü modelinin WN+FN olduğu sonucuna varmışlardır.

Yıldız ve ark. (2009), Ulusal bildiride, Kuzey Anadolu Fay Hattında (KAF) yüksek doğruluklu jeodezik çalışmalarda kullanılacak hız bileşenlerinin belirlenmesi için en uygun ölçüm süresinin incelenmesi konusunu araştırmışlardır. Bu kapsam da 2 gün 8'er saat ve 3 gün 6'şar saat olmak üzere iki farklı kampanya tipi GPS ölçüsü gerçekleştirmişler ve bu kampanyalara bağlı olarak nokta hızlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda ise en uygun sürenin hangisi olacağı konusunda öneride bulunmuşlardır.

Bos ve ark. (2010), Uluslararası makalede, zaman serilerinin çoğunda mevsimsel etkinin olduğunu ve bu etkinin farklı kaynaklar tarafından kanıtlandığı açıklamışlardır. Daha sonra mevsimsel etkinin nasıl giderilebileceği hakkında bilgiler verilmişlerdir. Önceden hazırlanmış olan zaman serisi verilerini power law + beyaz gürültü etkisi altında tekrar incelemişlerdir. Analizlerde, 4 adet sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarının (CACS, LAGO, PDEL ve TENT) kullanıldığını ifade etmişlerdir. Bu istasyonlarda zaman serileri kullanılarak yaptıkları araştırma sonucunda mevsimsel etkiye sahip ve sahip olmayan zaman serileri arasında 10 kattan daha fazla bir fark olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca çalışmada geliştirdikleri yöntemle fiziksel yöntemlerin kullanılarak Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) sinyallerindeki mevsimsel etkinin de çıkarılabileceğini kanıtlamışlardır.

Aktuğ ve ark. (2011), Ulusal bildiride, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) 'nün müşterek katılımıyla İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde gerçekleştirilen sürekli gözlem yapan GNSS ağı

olan Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) projesinin tanıtımını yapmışlar ve ağın ilk analiz sonuçlarına yer vermişlerdir.

Kudrys ve Krzyzek (2011), Uluslararası makalede, Polonya Aktif Jeodezik Ağı ağı(ASG-EUPOS: The Polish Active Geodetic Network) ile ilgili olarak bilgiler verip bu ağın Polonya için Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK:Real Time Kinematic) GPS'e bir temel oluşturduğundan söz etmişlerdir. Bu kapsamda ağın doğruluğunu test etmek amacıyla yaklaşık 2 aylık bir süre zarfında bir binanın çatısına RTK GPS prensibiyle çalışan bir anten monte etmişler ve elde edilen verilerin analizini gerçekleştirmişlerdir. Analizleri gerçekleştirirken zaman serilerinden yararlanmışlardır.

Samtamaria- Gomez ve ark. (2011), Uluslararası makalede, hız tahmininde haftalık GPS koordinat zaman serilerinin zamanla ilişkisine odaklanmışladır. 2.5 yıldan 13 yıla kadar uzanan zaman serileri ile 275 tane küresel olarak dağılmış istasyonun homojen olarak tekrar çözümlenmesiyle hız tahmini değerlendirmesi ve gürültü bileşenleri bakımından analizi gerçekleştirmişlerdir. Gauss-Markov çözümü ve power law gürültüyü içeren gürültü modellerini test etmişlerdir. Veriyi tanımlayan en iyi gürültü modeli, alan dikkate alındığında, WN için yaklaşık 2 mm, power law gürültü dikkate alındığında ise 6 mm olarak belirlemişlerdir. Korelasyonsuz veriler dikkate alındığında hız tahminlerinin 4-5 kat daha büyük olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan uygulamada, korelasyonlu gürültü bileşenlerin homojen olarak tekrar analizi yapılarak verilerde zaman serisinin uzunluğunu ve özellikle verinin periyoduna bağlı olduğunu kanıtlamışlardır. 2-3 yıldan daha kısa verilerle, 12 yıllık verilerde bulunan gürültü bileşenleri benzer sonuçlar vermediğini belirlemişlerdir. 316 tane istasyondan elde ettikleri verileri GAMIT/GBLOK yazılımı ile değerlendirilmişler ve gürültü bileşenleri farklı koşullar göz önüne alınarak incelemişlerdir.

Wang ve ark. (2012) Uluslararası makalede, Çinin kabuk hareketi gözlem ağının (CMONOC: Crustal Movement Observation Network of China) Çin anakarasında kabuk deformasyonlarını izlemek için kullanan bir ağ olduğunu ifade etmişlerdir. Uygulamada, CMONOC'nın 26 adet sürekli gözlem yapan GPS istasyonunun koordinat verilerini zaman serileri yardımıyla gürültü bileşenlerine ayrıştırmışlardır. WN ile power-law modelleri bakımından ortak sinyal modu, filtrelenmiş ve filtrelenmemiş çözüm ile CMONOC'un CGPS zaman serilerinin gürültü özelliklerini araştırmışlardır. Konumsal filtrelemede, seçilmiş alanda 1000 km içerisinde diğer alanlardan konum hatalarının biriktirilmesi ile modifiye edilmiş hatalardan tahmin edilen ortak hata modu bütün zaman serilerinden arındırmışlardır. Ayrıca, büyük konumsal derece ile ortak WN ve konumsal

olarak korelasyonlu flicker gürültünün bir kombinasyonu çalışma ağında ortak bir sinyal modunda olduğu sonucuna varmışlardır.

Khelifa ve ark. (2013), Uluslararası makalede, lineer olmayan istasyon hareketlerinin spektral bileşenlerini değerlendirmek için 10 adet GPS Küresel konum belirleme- uydularla entegre edilmiş DOPPLER uydu grafikleri ve radyo konumlama (DORIS) istasyonlarının konum hatalarını haftalık zaman serileri ile analiz etmişlerdir. İstasyonların konum durağanlığını değerlendirmeye izin veren artık hataları karakterize etmek için Allan varyansı, mevsimsel sinyaller ve trendleri ayırmak için ayrık wavelet dönüşümü kullanmışlardır. GPS-DORIS ile konumlandırılmış zaman serilerini GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software-II (GIPSY/OASIS II) yazılımı kullanarak üretmişlerdir. Wavelet analizi ile zaman serilerinde mevcut olan, yıllık/yarıyıllık sinyalleri kullanılan lineer olmayan trendi ortaya koymuşlardır. GPS zaman serileri için, yıllık sinyal büyüklükleri yatay yönde 1.5 mm ve düşey yönde ise yaklaşık 2.9 mm olarak belirlemişlerdir. Yarıyıllık sinyal büyüklükleri ise sırasıyla kuzeyde 0.8 mm, güneyde 1.3 mm ve yükseklikte ise 2.3 mm olarak belirlemişlerdir. DORIS zaman serilerinde ise, yıllık/yarıyıllık sinyal büyüklükleri her üç bileşende de yaklaşık olarak 4-6 mm civarında olduğu belirtmişlerdir. Fakat trendden arındırıldıktan sonra, yıllık/yarıyıllık sinyaller, Allan varyansın grafik eğimi GPS zaman serilerinde düşük FN ve baskın WN'un bir kombinasyonu olduğunu ifade etmişlerdir. Buna rağmen DORIS zaman serilerinde WN her üç bileşende de daha baskın olduğu sonucuna varmışlardır. Bir yıllık örnekleme aralığında Allan dağılımı tarafından tanımlanan gürültü seviyesi GPS zaman serileri için 3 mm ve DORIS zaman serileri için ise 5 mm daha küçük olduğunu tespit etmişlerdir.

Dmitrieva ve ark. (2015), Uluslararası makalede, Amerika Birleşik Devleti'nde (ABD) hız belirsizliklerinin daha önce yapılan çalışmalarda 10 yıllık verilerle 0.1 mm/yıl olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir. Bununda nedenini stabil plakaların çok az olması ve iç kesimlerde hareketin daha fazla olmasından kaynaklandığını vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmada tektonik plakalarda RWN'un mevcut olduğu ve bu gürültünün büyüklüğünün küçümsenmemesi gerektiğini açıklanmışladır. Bu kapsamda Network Noise Estimater (NNE) isimli bir program geliştirmişler ve bu programın GPS koordinatlarını zaman serileri analizi gerçekleştirirken gürültüleri de tespit ettiğinden bahsetmişlerdir. Programı test etmek için yapay bir ağ oluşturulmuşlar ve tek bir istasyondan çözümleme yapılarak bu programın sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak; program RWN'un tespitinde tek bir istasyondan yapılan çözümlerle daha iyi

belirlediğini tespit etmişlerdir. Deneysel testlerden sonra programın çalışmasını ABD'nin batısındaki istasyonlarda denemişler ve sonuç olarak da ABD'nin batısının sismik etkiler sonucunda rölatif bir hareket sergilediğini belirlemişlerdir. Çalışmada GPS verilerini GNSS-Inferred Positioning Software (GIPSY) yazılımı ile değerlendirmişler ve zaman serileri ile analiz edilecek duruma getirmişlerdir.

Kurt (2017), Ulusal bildiride, Türkiye'de bulunan TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinatlarını zaman serileri ile incelemiş ve istasyonlarda etkin olan gürültü türlerini ortaya koymuştur.

Zanutta ve ark. (2017), Uluslararası makalede, Doğu Antarktika'da Victoria bölgesindeki jeodinamik aktivitelerin GNSS ölçüleri kullanılarak belirlenmesi konusunu araştırmışlardır. Araştırmada nokta hızlarını GNSS ölçüleri yardımıyla belirleyerek bölgesel hareketler ortaya koymuşlardır.

Jiang ve ark. (2018), Uluslararası makalede, bölgesel GPS ağlarında gürültü bileşenlerinin analizini lineer regresyon ile belirlemişler ve en yaygın olan gürültüyü belirleyerek bu gürültünün etkilerini araştırmışlardır. Çalışmayı güney California'da 126 noktadan oluşan bölgesel bir ağda gerçekleştirmişlerdir. Ağdaki koordinat bileşenlerine WN, FN ve RWN'un etkilerini araştırmışlardır.

1.3. Tezin Bölümleri

Tez 7 bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde tezin genel olarak hedefleri, önemi ve literatür özeti verilmiştir. Ayrıca bu bölümde gürültü çeşitleri ve genel özellikleri kısaca açıklanmıştır.

İkinci bölümde; küresel konum belirlemede kullanılan global ve bölgesel ağlardan ve bu ağların genel özelliklerinden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde; TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarındaki koordinat değişimlerinin kestirimi konusu irdelenmiş, koordinat kestirimi ve nokta hızlarının belirlenmesinin gerekliği açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde; GNSS ölçülerinde var olduğu bilinen gürültü türleri ve bu gürültü türlerinin özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Zaman serilerinin genel hatları ile mevcut veriye uyan gürültü modelinin belirlenmesinde kullanılan CATS yazılımın genel özellikleri ve kullanımı açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, GNSS ağlarından toplanan ham verilerin değerlendirilmesinde kullanılan Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının avantaj ve dezavantajları ortaya

konulmuş, çözümleme için gerekli olan dosyalar ve hız tahmini için kullanılan ADDNEQ2 alt yordamı detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca, Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında çözüm sırasında karşılaşılan yanlış veri indirme ve veri toplamada yaşanılan problemlerin üstesinden gelmek için hazırlan program tanıtılmıştır.

Altıncı bölümde, test alanı olarak seçilen bölgedeki TUSAGA-Aktif noktalarının genel özellikleri, toplanan veri ve bu verilerin değerlendirilme stratejileri detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur. Ayrıca değerlendirilen verilere bağlı olarak nokta hızlarının nasıl belirlendiği açıklanmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda ise haftalık çözümlerde var olduğu tahmin edilen gürültü çeşitlerinin nasıl belirlendiği ortaya konulmuş ve veri için en uygun gürültü çeşitlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gürültüden arındırılmış hız tahminleri verilmiştir.

Son bölümde ise; daha önceki bölümlerde anlatılan değerlendirme stratejileri, hız tahmini, elde edilen gürültü modelleri ve gürültüden arındırılmış hız tahminlerinin yorumlanması ile sonuçlardan bahsedilmiş ve öneriler ortaya konulmuştur.

2. GNSS AĞLARI

Yeryuvarımızda nokta konumlarını hem anlık olarak hem de post process ile belirlenmesine imkan sağlayan, iyonosfer, troposfer düzeltmeleri, saat düzeltmeleri, uydu yörünge efemerisleri vb. bilgileri sağlayan bir çok global/lokal ağ bulunmaktadır. Bu ağların farklı kurum ve kuruluşlar tarafından kurulumu, korunması ve sürekliliği sağlanmaktadır. Bu ağlara global kullanılan IGS ve Türkiye de bölgesel olarak kullanılan post-process ile nokta konumlaya imkan veren Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) ile hem post-process hem de anlık olarak nokta konumlaya imkan veren Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) ağları örnek olarak verilebilir.

2.1. Uluslararası GNSS Ağı

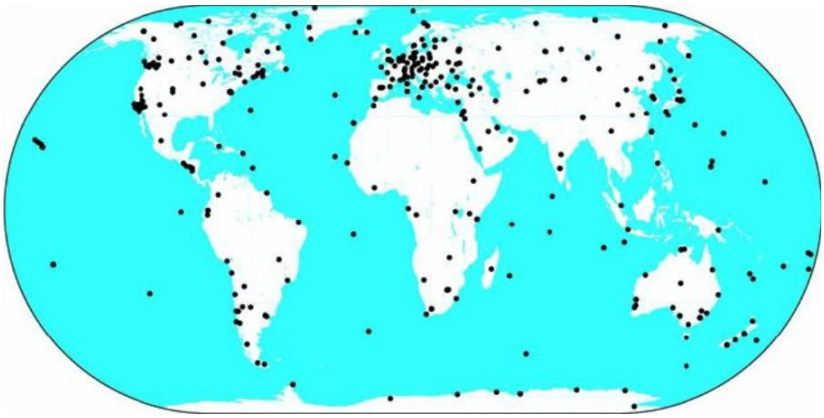
IGS, 1994'den beri yüksek kaliteli GNSS verilerini ve ürünlerini sağlayan açık erişimli bir hizmettir. Bu sistemin sağladığı ürünler bilimsel, eğitim ve ticari uygulamalar için global bir referans sisteminde kullanıcılara ulaştırılmaktadır. IGS, GNSS ile ilgili bilimsel uygulamaların ilerlemesi için büyük fırsatlar sunmakta ve 100'den fazla ülkede 200'den fazla gönüllü kuruluş tarafından desteklenmektedir.

IGS'in sağladığı ürünler;

- GNSS uydu efemerisleri
- Yer dönüklük parametreleri
- Global olarak izlenen istasyon koordinatları ve hızları
- Uydu ve izlenen istasyonların saat bilgileri
- Zenit troposferik gecikme tahminleri
- Global iyonosferik haritalar olarak sıralanabilir.

Bu ürünler ile Uluslararası Yersel Referans Ağı (ITRF: The International Terrestrial Reference Frame) ve Uluslararası Yer Dönüklüğü ve Referans Ağı (IERS: International Earth Rotation and Reference Systems) gibi referans sistemlerinin iyileştirilmesi, düzeltilmesi, yer kabuklarında meydana gelen deformasyonların izlenmesi, yer dönüklüğünün izlenmesi, troposfer ve iyonosferin izlenmesi, bilimsel ve diğer amaçlı gönderilen uyduların yörüngelerinin belirlenmesi gibi yer bilimi için yapılan bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir (Şanlıoğlu ve İnal, 2004).

IGS istasyonları tüm dünya üzerine dağılmış toplam 504 istasyondan oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. IGS istasyonlarının dağılımı

IGS, GNSS gözlem verileri ortaklaşa bir çalışma sonucunda sürdürülen izleme istasyonlarında toplanır, arşivlenir ve web üzerinden ücretsiz olarak dağıtılır.

IGS, yüksek doğruluklu alıcıları kullanarak sürekli izleme olanağı sağlayan ve veri merkezlerine genellikle günlük olarak veri iletimi sağlayan veri iletim istasyonlarına sahiptir.

İstasyon verileri IGS Veri Merkezleri tarafından arşivlenmekte ve dağıtılmaktadır. CDDIS tarafından sağlanan veriler kullanıcılar tarafından temin edilebilmektedir.

2.2. TUSAGA-AKTİF Ağı

TUSAGA-Aktif projesi, Ağ-RTK prensibi ile çalışan, İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde ve müşterek katılımcı olarak Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) desteği ile Mayıs 2006 yılında başlamış ve Mayıs 2009 yılında tamamlanmıştır (Eren ve ark., 2009).

TUSAGA-Aktif'in temel amaçları;

- Tüm Türkiye'de noktaların koordinatları hem anlık olarak hem de post process ile 7/24 saat ilkesine göre, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek,
- Ülkemizin de bulunduğu orta enlem bölgesindeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek, daha güvenilir hava tahminleri gerçekleştirmekle beraber sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak,
- Plaka hareketlerini hassas ve sürekli olarak izleyerek, deformasyon miktarlarının cm altı seviyede belirlenmesine imkân sağlamak,

- Eski Avrupa Datumu 1950 (ED50: European Datum 1950) ile ITRFxx datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemek olarak sıralanabilir (Yıldırım ve ark., 2007).

TUSAGA-Aktif istasyonları 4'ü Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinde (KKTC) olmak üzere tüm Türkiye'ye homojen olarak dağılan 146 istasyondan oluşmaktadır (Şekil 2.2). İstasyonlar arası mesafeler 80-100 km arasında değişmektedir.



Şekil 2.2. TUSAGA-Aktif istasyonları

TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerleri belirlenirken aşağıdaki temel konulara mümkün olduğunca dikkat edilmiştir. Bu konular:

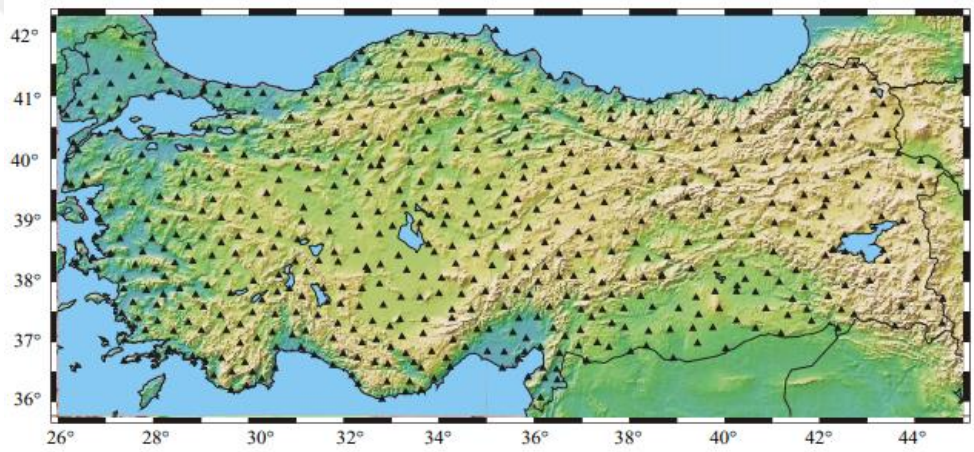
- İstasyon yerlerinin il veya ilçe merkezlerinde kurulması,
- Sağlam zemin (fay hatlarından uzak) alanların seçilmesi,
- Elektrik ve iletişim olanaklarının bulunması,
- Deprem bölgelerinde ise tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlayacak şekildeki yerlerin belirlenmesi,
- Sinyal yansıma etkilerinden (multipath) uzak yerlerin seçilmesi,
- Güvenlik ve sürekli iletişimin sağlanabilmesi bakımından istasyon yeri olarak olabildiğince kamu binaları ve/veya üniversitelerin kampüs alanlarında seçilmesidir.

Bu kapsamda noktalar genel olarak; Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tesislerinde, Eğitim-öğretim kurumlarında, Kadastro-Tapu Sicil Müdürlüklerinde, valilik/kaymakamlık/belediye tesislerinde, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tesislerinde, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) tesislerinde kurulmuştur. Ayrıca Bursa Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü (BUSKI), Eskişehir Su ve Kanalizasyon İşleri

Genel Müdürlüğü (ESKİ) tesislerinde de kurulmuş noktalar bulunmaktadır (Eren ve Uzel, 2006).

2.3. Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA)

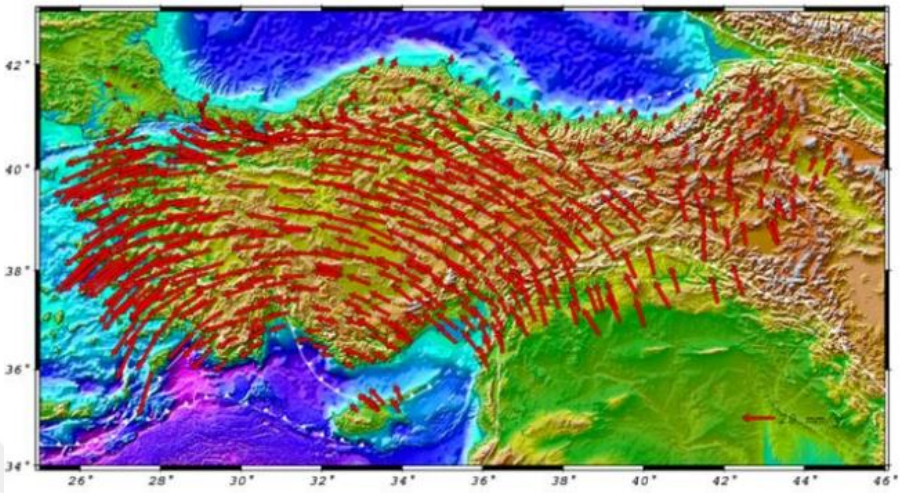
Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA), Türkiye'de plaka hareketleri ile depremler sonucu meydana gelen nokta konumlarındaki değişiklikleri güncel jeodezik ölçmelerde kullanmaya imkan veren Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı'nın yerine kullanılmak üzere 1997-1999 tarihleri arasında gerçekleştirilen ölçüler sonucu oluşturulan ağdır. Ayrıca ağın kurulumundan sonra meydana gelen depremler sonucu gerçekleştirilen GNSS ölçüleri ve nivelman sonucunda ağ güncellenmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 TUTGA Ağı

TUTGA, ITRF'e dayalı 1-3 cm doğrulukta kartezyen koordinatları (X, Y,Z), hızları (V_X, V_Y, V_Z), ortometrik yükseklikleri (H) ve jeoit ondülasyonları (N) elde edilerek, ~25-50 km aralıklarla, tüm ülkeyi mümkün mertebe kapsayacak şekilde tesis edilmiştir. 1 Ocak 2018 tarihi itibari ile 679 adet noktadan oluşmaktadır. TUTGA, ***eski noktalar***, daha önceden tesis edilmiş I. ve II. Derecen Yatay Kontrol Ağı noktaları ile I. ve II. Derece Düşey Kontrol Ağı noktaları, ***yeni noktalar***, ağ oluşturulurken kurulan ve 25-50 km aralıklı noktalar ve ***global noktalardan***, TUTGA'nın referans sistemini tanımlamak amacıyla dahil edilen IGS noktalarından, oluşmaktadır.

TUTGA koordinatlarının güncellenmesi ve zamanla değişimlerinin belirlenmesi amacıyla, 1992-2018 tarihleri arasında gerçekleştirilen GPS oturumları sürekli olarak değerlendirilmektedir.



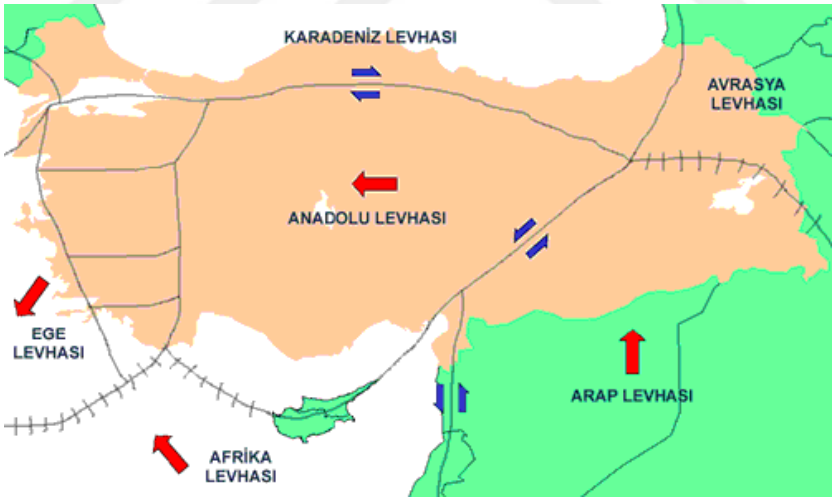
Şekil 2.4 Türkiye ve çevresindeki hız alanları

Sürekli olarak tekrarlanan ve değerlendirilen ölçüler sonucunda Türkiye ve çevresindeki hız alanları belirlenmektedir. Avrasya-Sabit sistemde elde edilen hız haritaları ise Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

3. TUTGA VE TUSAGA-AKTİF NOKTALARINDAKİ KOORDİNAT DEĞİŞİMLERİNİN KESTİRİMİ

Günümüzde jeodezik noktaların koordinatları sabit olarak kabul edilen noktalara göre belirli bir referans epoğunda hesaplanmaktadır. Nokta koordinatlarının hesaplanmasında bulundukları tektonik plakalara göre rölatif bir hareket söz konusu olmaktadır. Jeodezik noktaların bulundukları tektonik plakalar ise birbirlerine karşı bir hareket yapmakta ve nokta koordinatlarını yıllık cm seviyesinde değiştirmektedir. Ayrıca ülkemizin deprem bölgesinde olduğu dikkate alınırsa jeodezik noktaların konumlarını depremler de büyük oranda etkilemektedir. Nokta koordinatlarını GNSS ölçüleri yardımıyla sürekli izlemek olanaklı olmaktadır. Ülkemizde de sabit GNSS istasyonları yardımıyla jeodezik noktalar sürekli izlenebilmekte ve güncel koordinatları ile hızları hesaplanabilmektedir(Özdemir, 2016).

Türkiye, Afrika ve Arap tektonik plakalarının Avrasya tektonik plakası ile çarpışma bölgesindedir. Bölgedeki tektonik plaka sınırları, yanal atımlı ve normal faylar ile bindirme bölgeleri genel hatlarıyla Şekil 3.1'de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Türkiye'nin üzerinde bulunduğu tektonik plakalar ve hareketleri

Bölgedeki tektonik plaka hareketleri; Arap plakasının Avrasya plakasına göre kuzey-kuzeybatı doğrultusunda 15-20 mm/yıl hızla hareketi sonucu, Doğu Anadolu Bölgesinin sıkışması ve Anadolu plakasının 20-25 mm/yıl hızla batıya hareket edip saat yelkovanı tersinde dönmesi, Afrika plakasının 5-10 mm/yıl hızla kuzey yönünde hareketi

sonucu Anadolu plakasının altına dalması ve Helenik Yay boyunca çekilme nedeniyle Ege blokunun kuzey-güney yönünde genişlemesi biçiminde özetlenebilir (Jackson ve Mckenzie, 1988; Cucci ve ark., 2012).

Türkiye'de özellikle depremlerin etkisiyle meydana gelen yatay yer kabuğu hareketleri jeodezik amaçla gerçekleştirilen ölçülerin doğruluğuna çok fazla etkisi olmaktadır. Bu nedenle, bir referans epoğunda koordinatlar belirlenirken hız alanlarının doğru olarak bilinmesi şarttır. Bu gerekçeyle, GNSS verileri de kullanılarak oluşturulan ITRF'e dayalı olan jeodezik ağlar bölgesel ya da noktasal konum değişimlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir (Atalı, 2012).

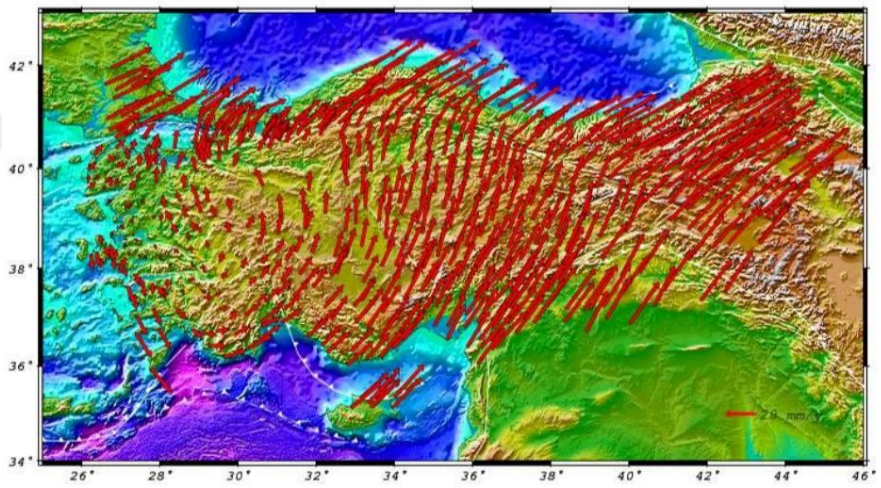
GNSS'in üç boyutta konum bilgisi üretmesi ülkemizde tektonik plaka hareketlerinin ve depremler sonucunda nokta konumlarında meydana gelen konum değişiklerinin belirlenmesine büyük katkı sağlamıştır. Depremler sonrasında ve tektonik plaka hareketleri sonucunda meydana gelen konum değişikliklerini belirlemek amacıyla ilk olarak HGK tarafından jeodezik ölçülerde kullanılmak üzere Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı kurulmuştur. Fakat bu ağ zamana bağlı değişimleri belirlemede yeterli olmamaktadır. Zamana bağlı değişimleri belirlemeye katkı sağlamak amacıyla HGK tarafından gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde TUTGA kurulmuştur. Bu ağla birlikte, Türkiye ve çevresinde meydana gelen aktif tektonik plaka hareketlerinin neden olduğu değişimler hem 3 koordinat bileşeni hem de zamana bağlı değişimlerinin (hızlarının) belirlenmesi mümkün olmuştur. Zamana bağlı değişimlerinin sürekli olarak güncel tutulması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için HGK tarafından sürekli olarak GNSS kampanyaları yapılmakta ve nokta hızlar yayınlanmaktadır (Aktuğ ve ark., 2011). TUTGA noktalarına ait hızlar iki veya daha fazla tekrarlı GPS ölçmelerinden veya tekrarlı GPS ölçümü bulunmayan noktalarda diğer TUTGA noktalarının hızlarından kestirilerek hesap edilmektedir (Kurt ve Deniz, 2010; Yılmaz ve Güllü, 2012).

TUTGA'nın kurulmasından sonra jeodezik çalışmalarda GNSS'in kullanımı artmış ve ilk olarak, 15 Temmuz 2005 tarihli Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), noktaların koordinatları ile birlikte hızlarının da hesaplanarak kullanılması konusu mevzuata girmiştir. Büyük ölçekli harita üretimi amacıyla, uydu konumlama teknikleriyle TUTGA'nın sıklaştırılması sonucu oluşturulan C1 dereceli Ana GPS Ağı (AGA) ve C2 dereceli Sıklaştırma GPS Ağı (SGA) kapsamında tesis edilen noktaların ölçme epoğundaki koordinatları, değerlendirmelerde zaman birliği sağlamak amacıyla, belirlenmiş bir referans epoğuna ötelenirler. Bu işlem için kullanılacak olan AGA ve SGA

nokta hızları, TUTGA veya yüksek dereceli sıklaştırma nokta hızlarından enterpolasyonla hesaplanır(Deniz ve ark., 2005).

Jeodezik ağların hız alanlarının hesaplanmasında, GNSS ile kabuk deformasyonlarının, yüzey kabuğu hareketlerinin, fay sistemlerinin ve tektonik hareketlere bağlı deformasyonların modellenmesi ve jeodezik sıklaştırma nokta koordinatlarının istenilen referans epoğuna ötelenmesi çalışmalarında temel parametre olarak kullanılan jeodezik nokta hız bilgilerinin yüksek doğrulukla kestirilmesi büyük önem arz etmektedir (Yılmaz, 2012).

TUTGA'da sabit ve kampanya tipi GNSS ölçülerinin birleştirilmesi çalışmaları sürekli olarak devam etmektedir. Yapılan analizler sonucunda Türkiye ve çevresinde meydana gelen depremlerde önce 612 ve depremlerden sonra 107 nokta tekrarlı ve tektonik açıdan uyumlu bulunmuş ve hız alanları bu noktalar ile belirlenmiştir. Türkiye ve çevresinin ITRF2005'de belirlenen hız alanı Şekil 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.2'de verilen hız alanları sıfır-net-dönüklüğe göre tanımlıdır.



Şekil 3.2 Türkiye yatay hız alanı (Aktuğ ve ark, 2011)

4. GNSS ÖLÇÜLERİNDE VAR OLAN GÜRÜLTÜLER

20. yy'ın sonlarından itibaren, jeodezik ölçüler plaka hareketleri sonucunda meydana gelen deformasyonları belirlemek için kullanılır. Büyük depremler gibi önemli episodik deformasyonlar meydana geldiğinde, tekrarlı ölçülere lineer bir trend uygulanmakta ve deformasyon hızları ya da nokta hızları belirlenmektedir. Belirlenen nokta hızları geleneksel yöntemler olan jeodezik ağ dengelemesi, rölatif baz uzunluklarının lineer regresyonu ya da koordinat bileşenlerinin her birinin ayrı ayrı lineer regresyonu ile belirlenmektedir. Bu hızların belirlenmesinde genellikle EKKY kullanılmaktadır. Ayrıca ölçülerin normal dağılımda ve korelasyonsuz olduğu varsayılmaktadır. Fakat bazı jeodezik ölçülerde, veriler arasında büyük zamansal bir korelasyonun olduğu tespitedilmiştir (Williams, 2003b).

GNSS sinyallerinin yayılımı için kabul edilen istatistiksel model power-law süreç olarak kabul edilmektedir. Bu istatistik model de gürültü bileşeninin belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Bu stokastik sürecin tek boyutlu zaman ya da alan davranışları, stokastik sürecin power spektrumunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$P_x(f) = P_0 \left(\frac{f}{f_0}\right)^{\kappa} \qquad (4.1)$$

Burada f konumsal ya da zamansal frekans, P_0 ve f_0 normalize edilmiş sabitler, κ da spektral indekstir(Mandelbrot ve Van Ness, 1968). Genellikle spektral indeks κ -3 ile 1 aralığında değer almaktadır(Agnew, 1992). Bu oranlar arasındaki süreç, $-3 < \kappa < -1$ ise fractional Brownian hareket, $-1 < \kappa < 1$ aralığında ise fractional beyaz gürültü olarak alt bölümlere ayrılır (Mandelbrot ve Van Ness, 1968; Mandelbrot, 1977; 1983). Bu stokastik model içinde özel durumlar tam sayı değerlerinden oluşur. $\kappa = 0$ olması durumda WN, $\kappa = -1$ olası durumunda FN ve $\kappa = -2$ olması durumunda RWN olarak ifade edilir. Bu bölümde, WN dışında kalan gürültü modelleri için CN ifadesi kullanılmıştır.

Çoğu araştırma, potansiyel modeller olarak tam sayılı spektral indeksler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yalnız gürültü analizi tam sayı spektral indeks olmadan da yapılabilmektedir. Örneğin, 8/3 ile 5/3 spektral indeks su buharı dalgalanmalarında (Tatarskii V.I., 1961; Treuhaft, 1987; Davis ve ark., 1994), spektral indeksin (κ) -2.3 olması durumunda batimetrik ölçülerde (Malinaverno, 1989) ve $\kappa = -2.7$ olması durumda ise kabuk deformasyonlarında gürültü analizinde kullanılmaktadır (Wyatt ve ark., 1988).

4.1. Ağırlıklı En Küçük Kareler (WLS) Yöntemi ile Hız Belirsizliklerinin Tahmini

Hızların belirlenmesi için temel lineer regresyon problemi t_i zaman x_i nokta konumu ve n zaman serisinin uzunluğu olarak alınırsa aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$x_i = x_0 + rt_i + \varepsilon_x(t_i) \tag{4.2}$$

Burada, $\varepsilon_i(t_i)$ hata terimidir. Burada eşit olarak dağılmış birim varyansın rasgele değişkenleri olan $\varepsilon_i(t_i)$ bağımsız lineer kombinasyonudur. $\alpha(t_i)$ ve a bir dizi zamanla korelasyonlu rasgele değişkenler olmak üzere,

$$\varepsilon_x(t_i) = a.\alpha(t_i) + b_\kappa\beta(t_i) \tag{4.3}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Ölçek faktörü a ve $b_{K\neq 0}$ sırasıyla κ spektral indekste WN ve CN büyüklükleridir. x_i, ölçülerinin kovaryans matrisi bu durumda aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$C_x = a^2I + b_\kappa^2 J_\kappa \tag{4.4}$$

Burada I birim matris ve J_K yaklaşık CN kovaryans matrisdir. WLS kullanılarak, x_0 ve r için tahminler aşağıdaki eşitliklerden elde edilebilir.

$$\hat{y} = [A^T C_x^{-1} A]^{-1} A^T C_x^{-1} x \tag{4.5}$$

Burada,

$$x = (x_1,\ x_2, \dots, x_n)^T$$
$$A = \begin{bmatrix} 1 & t_1 \\ 1 & t_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & t_n \end{bmatrix} \tag{4.6}$$
$$\hat{y} = (\hat{x}_0, \hat{r})^T$$

ve değerlendirme için kullanılan kovaryans matrisi de (4.7) eşitliğinde verilmiştir.

$$\hat{C}_{\hat{y}} = [A^T C_x^{-1} A]^{-1} \tag{4.7}$$

Eşitlikte geçen; A katsayılar matrisi $\hat{y}$ bilinmeyenleri ve $\hat{C}_{\hat{y}}$ ise bilinmeyenlerin kovaryans matrisini ifade etmektedir.

4.2. Power-law Gürültünün Kovaryans Matrisi

$-3 < \kappa < 1$ aralığında herhangi bir spektral indekste power-law gürültü (renkli gürültü) için, kovaryans matrisi, Johnson ve Wyatt (1994)'de tanımlanan metot Williams (2003b) tarafından türetilmiştir. Bir dönüşüm matrisi (T), kovaryans matrisi Jj ile rasgele değişken x dizisi, birim varyans rastgele değişkenlerinin bir vektöründen, x = T.d ile oluşturulur. Power-law süreç için kovaryans matrisi J_K hata yayılım kuralı ile aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$J_\kappa = TC_d T^T \tag{4.8}$$

$C_d = I$ olduğu için, $J_K = TT^T$ olur. Dönüşüm matrisi, kesirli diferansiyel/integral yöntemi kullanılarak Hosking (1981)'de tanımlanmıştır. Tanımlanan dönüşüm matrisi aşağıdaki gibidir.

$$T = \begin{bmatrix} \psi_0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \psi_1 & \psi_0 & 0 & \dots & 0 \\ \psi_2 & \psi_1 & \psi_0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \psi_n & \psi_{n-1} & \psi_{n-2} & \dots & \psi_0 \end{bmatrix} \tag{4.9}$$

Burada,

$$\psi_n = \frac{-\frac{\kappa}{2}\left(1-\frac{\kappa}{2}\right)\dots\left(n-1-\frac{\kappa}{2}\right)}{n!} = \frac{\sum\left(n-\frac{\kappa}{2}\right)}{n!\sum\left(-\frac{\kappa}{2}\right)} \tag{4.10}$$

gibidir.

Dönüşüm matrisi T, $\Delta T^{-K/4}$ ile ölçeklendirilmiştir. Burada, ΔT, TT^T oluşturulmadan önceki örnekleme aralığıdır. Bu, spektral indeks J'ye sahip herhangi bir gürültü kaynağı için aynı spektrumda ΔT ile aynı frekansta çapraz olacak ve eşit gürültü genliği b_j'yi güvence altına almasını sağlayacaktır. Power spektrum için eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$P = \frac{D_\kappa b_\kappa^2}{f_s^{\frac{\kappa}{2}+1}} f^\kappa \tag{4.11}$$

Burada,

$$D_\kappa = 2(2\pi)^\kappa (24 \text{ x } 60 \text{ x } 60 \text{ x } 365.25)^{\kappa/2} \tag{4.12}$$

ve f_s Hz biriminde örnekleme frekansıdır. Bu sebeple çapraz frekans f_0 aşağıdaki şekli alır.

$$f_0 = \frac{f_s^{1/2}}{2\pi\sqrt{24 \text{ x } 60 \text{ x } 60 \text{ x } 365.25}} \tag{4.13}$$

Eğer veriler eşit aralıklı değilse, dönüşüm matrisinin her bir sütunu, tek tek ΔT'ler tarafından ölçeklendirilir. Kovaryans matrisini oluşturmadan önce $\Delta T_j = |t_j - t_0|$ gerçekleştirilmelidir.

4.2.1. Tam sayı spektral indekslerdeki gürültü

4.2.1.1. Beyaz gürültü (κ =0)

Mevcut veride WN olması durumunda, spektral indeks tam sayı değeri olup, κ =0'dır. WN olması durumunda $\psi_0 = 1$ ve $\psi_n = 0$ olur. Dönüşüm matrisi ve kovaryans matrisi birim varyansa eşit olur ve skaler değer olurlar. Bu durumda dönüşüm matrisi zamandan bağımsız olur.

4.2.1.2. Random-walk gürültü (κ =-2)

Random-walk için tam sayı spektral indeks κ = -2 olur. Herhangi bir n için $\psi_n = 1$ olur ve bu durumda, dönüşüm matrisi,

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{4.14}$$

ve kovaryans matrisi de,

$$J_{-2} = \begin{bmatrix} \Delta T_1 & \Delta T_1 & \Delta T_1 & \dots & \Delta T_1 \\ \Delta T_1 & \Delta T_2 & \Delta T_3 & \dots & \Delta T_2 \\ \Delta T_1 & \Delta T_2 & \Delta T_3 & \dots & \Delta T_3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta T_1 & \Delta T_2 & \Delta T_3 & \dots & \Delta T_n \end{bmatrix} \tag{4.15}$$

şeklinde olacaktır (Johnson ve Wyatt, 1994; Zhang ve ark., 1997; Mao ve ark., 1999).

4.2.1.3. Flicker gürültü (κ =-1)

FN için, kovaryans matrisi J_{-1} Zhang ve ark. (1997)'de tanımlanmıştır ve kovaryans matrisi de Gardner. M. (1978)'de tanımlanan algoritmaya gürültü türetilerek üretilmiştir. Bu matristeki sabitler FN ve RWN büyüklükleri ve periyotları eşitmiş gibi düşünülerek seçilir ($b_{-1} = b_{-2}$). Bu ilk kovaryans matrisi (4.15) eşitliğinde ki dönüşüm matrisinden türetilen matrisle tam olarak aynı değildir. Bu iki dönüşüm matrisi arasındaki en önemli fark büyüklüklerin ($b_{-1} = b_{-2}$) ölçeklendirilmesidir. Yeni ve eski büyüklükler arasındaki ölçeklendirme oranları kendi power spektrum eşitliklerinden türetilebilir. Yani,

$$P_{eski} = \frac{b_{eski}^2 f^{-1}}{2\pi^2}$$
$$P_{yeni} = \frac{b_{yeni}^2 f^{-1}}{\pi\sqrt{f_s \text{ x } 24 \text{ x } 60 \text{ x } 60 \text{ x } 365.25}} \tag{4.16}$$

olduğundan,

$$b_{yeni} = \frac{(f_s \text{ x } 24 \text{ x } 60 \text{ x } 60 \text{ x } 365.25)^{1/4}}{\sqrt{2\pi}} b_{eski} \quad (4.17)$$

örnekleme aralığı günde bir ölçü olduğunda (Hz biriminde)

$$b_{yeni} = 1.7440\ b_{eski} \quad (4.18)$$

olur. Bu yüzden FN büyüklüğü için verilen değerler, kovaryans matrisini oluşturmadan önce yapılacak herhangi bir çalışma için yeniden hesaplanmalıdır(Zhang ve ark., 1997).

4.3. Eşit Aralıklı Veriler İçin Hız Hata Tahminleri

Jeodezik noktaların hızları ve bu hızların oranlarının belirlenmesi için genellikle iki aşamalı bir süreç izlenir. İlk olarak, zaman serisinde var olan gürültünün genliği ve tipi belirlenir ve daha sonra, ilk aşamadan türetilen kovaryans matrisi kullanılarak WLS kullanılarak hızlar ve bu hızların oranları belirlenir (Montillet ve ark., 2016). İlk adımdaki veri analizinde, spektral analiz (Zhang ve ark., 1997; Mao ve ark., 1999), zaman-alan analiz veya daha önceki çalışmalar ya da yakın bölgedeki çalışma sonuçlarında türetilen yapı fonksiyonları gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Başka bir yöntem de ise, iki aşamayı bir yerde toplayan MLE kullanılabilir. MLE şuana kadar olan yöntemlerin en doğru ve hassas olanıdır (Langbein, 2017). MLE algoritması Langbein ve Johnson (1997)'de tanımlanmıştır ve bu yöntem çoğunlukla downhill simplex yöntemi kullanarak çözülmektedir.

4.3.1. Tam sayı spektral indekslerle gürültü

4.3.1.1. Beyaz gürültü (κ =0)

Eğer hata terimi $\varepsilon_i(t_i)$ sadece WN'dan oluşmuşsa ($b_{K\neq 0} = 0$), o zaman hızların tahminlerindeki varyans, $\sigma_{\hat{r}}^2$, aşağıdaki gibi gösterilebilir(Zhang ve ark., 1997; Mao ve ark., 1999),

$$\sigma_{\hat{r}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sigma_i^2} \sum_{i=1}^{n} \frac{t_i^2}{\sigma_i^2} - \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{t_i^2}{\sigma_i^2}\right]^2} \tag{4.19}$$

Eğer x_i deki belirsizlikler hepsi birbirine eşitse ($a=\sigma_i$) o zaman, çözüm aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$\sigma_{\hat{r}}^2 = \frac{na^2}{n\sum_{i=1}^{n} t_i^2 - \left[\sum_{i=1}^{n} t_i\right]^2} \tag{4.20}$$

ve eğer veri eşit aralıklarda ise, yani $t_i=(i-1)\,\Delta T$ ve $T=(n-1)\,\Delta T$ ise (4.20) eşitliği aşağıdaki gibi tekrar düzenlenebilir.

$$\sigma_{\hat{r}}^2 = \frac{a^2}{\Delta T^2} \frac{12}{n^3 - n} = \frac{a^2}{T^2} \frac{12(n-1)}{n(n+1)} \tag{4.21}$$

Çok sayıda n için, (4.22) eşitliği kullanılabilir.

$$\sigma_{\hat{r}}^2 \cong \frac{12a^2}{nT^2} \tag{4.22}$$

4.3.1.2. Random-walk gürültü (κ =-2)

Veride RWN olması durumunda, konum kovaryans matrisinin (J_K) köşegen olmayan elemanları sıfır değildir. Buda veriler arasında korelasyon olduğunu göstermektedir ve (4.19) - (4.20) eşitliklerinin değiştirilmesine sebep olmaktadır. RWN zamanla korelasyonlu olduğundan, Zhang ve ark. (1997) tarafından tekrar hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\hat{r}}^2 = \frac{b_{-2}^2}{(n-1)\Delta T} = \frac{b_{-2}^2}{T}; \qquad n \geq 2 \tag{4.23}$$

4.3.1.3. Flicker gürültü (κ =-1)

$\sigma_{\hat{r}}^2$ için tam bir analitik açıklama henüz yapılmamıştır. Fakat J' nin bilinmesi, $\sigma_{\hat{r}}^2$'nin hesaplanmasına imkan vermektedir. (Williams, 2003b). Mao ve ark. (1999)'da ve Zhang ve ark. (1997)'de açıkladığı gibi kovaryans matrisi aşağıdaki gibi türetmiştir.

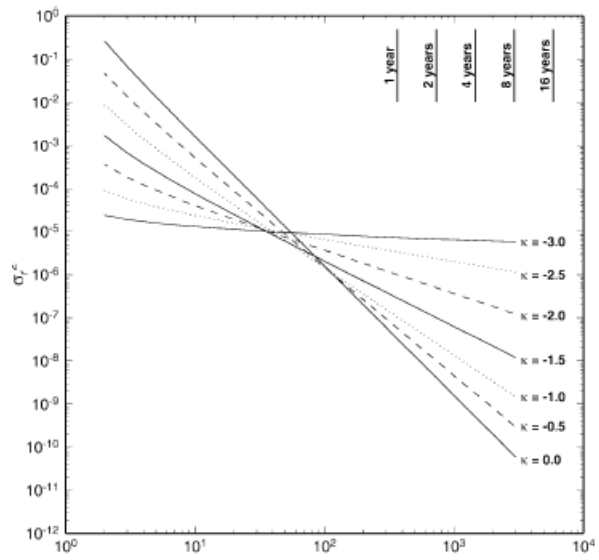
$$\sigma_{\hat{r}}^2 \cong \frac{1.78\, b_{-1}^2\, \Delta T^{0.22}}{T^2} \tag{4.24}$$

Eşitlik 4.21 ve 4.23'den, $\sigma_{\hat{r}}^2$ $1/n^3$için beyaz gürültü ve $1/n$ içinde RWN olduğu ifade edilmektedir. FN için (a=0) $\sigma_{\hat{r}}^2 = 1/n^2$ olduğu ön görülmektedir. Zhang ve ark. (1997)'den türetilen kovaryans matrisi de aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_{\hat{r}}^2 \cong \frac{9\, b_{-1}^2}{16\, \Delta T^2 (n^2-1)} \tag{4.25}$$

4.3.2. Tamsayı spektral indekse sahip olmayan renkli gürültü

FN'un daha önceki tanımlanmasına göre, kovaryans matrisi var olmasına rağmen, trenddeki belirsizlik için analitik ifadeyi, (4.6), (4.19) ve (4.20) eşitliklerinden tam olarak basitleştirmek zordur. Bunun nedeni, 0 ve -2 spektral indeksinde (WN ve RWN) olmasıdır. Matrsin tersi doludur ve diogonal değildir ya da tri-diogonaldır. Fakat trend belirsizliklerine etkisi kovaryans matrisinden deneysel olarak tahmin edilebilir. Şekil 4.1 zaman serilerindeki veri sayısının bir fonksiyonu olarak hız belirsizliklerin tahmininde farklı spektral indekslerdeki gürültünün etkilerini göstermektedir. Şekil 4.1 deki her bir power-law gürültü aynı büyüklüktedir, $b_K = 0.001$, gürültü daha da fazla korelasyonlu olmaktadır. Belirsizliklerin oranları κ =0 için $1/n^3$'den κ =-2 için 1/n'e kadar nokta sayılarının bir fonksiyonu olarak düşmeye başlamaktadır ve k=-3 için neredeyse hiç azalma olmamaktadır. Şekil 4.1 ayrıca belirsizliklerin çapraz periyotlarını göstermektedir. Belirsizliklerin çapraz periyotları tamamen trend belirsizlikleri için paylaşılan en büyük katkıyla beraber verilen özel bir spektral indeksteki kesin gürültü bileşenlerinin olduğu gün sayısıdır. Şekil 4.1' e göre, eşit CN bileşenlerini içeren zaman serileriyle, çapraz periyotlar 10 ile 200 nokta arasında değişmektedir.



Şekil 4.1 Veri sayısı ve gürültü modeli ilişkisi

4.4. Gürültü Modellerinin Zaman Serileri ile Belirlenmesi

Zaman serileri günümüzde farklı amaçlar için kullanılan farklı fonksiyonları içermektedir. Günümüze kadar bu seriler farklı disiplinlerde farklı amaçlarda kullanılmış, son yıllarda ise mühendislik alanında ve mesleğimizde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bir zaman serisi, ilgilenilen bir büyüklüğün zaman içerisinde sıralanmış ölçümlerinin bir kümesidir. Bu analizin yapılma amacı ise, gözlem kümesince temsil edilen gerçeğin anlaşılması ve zaman serisindeki değişkenlerin gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesidir. Zaman serileri dört bileşenden oluşur. Bunlar;

- Trend(genel eğilim)
- Mevsimlik dalgalanmalar
- Konjonktürel değişimler
- Tesadüfü(rastgele) hareketler olarak sıralanabilir(Anand, 2016).

Trend: ardışık olarak yapılan gözlemlerde doğal etkiler veya insan etkisiyle homojenliğin bozulması gibi herhangi bir faktöre bağlı olarak artan veya eksilen yönde gözlemlenen değişimlerdir. **Mevsimlik dalgalanmalar**; zaman serilerinde kolayca izlenebilen ve sık rastlanan bir etkidir. Periyodik hareketlerle kendini gösterir. Zaman serilerinde düzenli olarak tekrarlanan değişimleri ifade etmektedir. Bir yıl ve daha az süre içinde gerçekleşen tam dairesel süreçte mevsim hareketlerinin verilere etkisini ifade eder.

Konjonktürel değişimler; Uzun dönemli hareketleri genel trend düzeyinde gösterir. Her hareketin uzunluğu ve yoğunluğu birbirinden farklı olabilir. **Tesadüfü(rastgele) hareketler**; periyodik olmayan değişimleri gösterir. Varlığı önceden tahmin edilemeyen tesadüfi olayların ortaya çıkardığı dalgalanmalardır (Anand, 2016).

Zaman serileri hem bir bilgi edinme kaynağı, hem de geleceği bilmeye yarayan yöntem olarak değerlendirildiğinde serilerde zaman içindeki değişim, eğilim, mevsimsellik, konjonktürel ve düzensiz dalgalanmalar anlamında ayrıştırılması önemlidir(Brockwell ve Davis, 1991).

4.4.1. Koordinat zaman serisi analizi

Gürültü modellerinin belirlenmesinde farklı yazılımlar bulunmaktadır. Bunlar;

- CATS (Williams, 2008)
- Varyans Bileşen Analizi (Teunissen ve Amiri-Simkooei, 2008)
- FOGMEX-GPS Solutions (Herring, 2003)
- SURMODERR (Teza ve ark., 2010)

yazılımlarıdır. Tez kapsamında en uygun gürültü modellerinin belirlenmesi için Williams (2008) tarafından geliştirilen **Koordinat Zaman Serileri Analizi (CATS)** yazılımı kullanılmıştır. CATS yazılımı lineer olmayan veriyi çözümlemesi, ücretsiz olarak elde edilmesi ve kurulum/kullanım dosyalarının internet aracılığıyla teminedilmesi bu yazılımın tercih edilmesinde etkin olmuştur. Bu bölümde CATS yazılımın genel özellikleri, dosya yapıları ve kullanılan komutlar yapılarından söz edilmiştir.

CATS yazılımı stokastik gürültü modelinin büyüklüğünü ve tipini belirlemek için kalıntı hataları analiz ederken, zaman serisi için çok parametreli model uydurmada EKKY kullanmaktadır. Program iki aşamalı süreçte tüm parametreleri çözmektedir. Bu süreçler, deprem, eğim, duraksama ve bilinen periyotları içeren doğrusal fonksiyonlar ve tahmin edilecek gürültü bileşenlerinin büyüklüğünü ve parametresini belirleyen lineer olmayan fonksiyondur (Williams, 2008).

4.4.1.1. CATS yazılımında stokastik modeller

CATS yazılımı gürültü modelini belirleyebilmek için 3 yöntem kullanmaktadır. Bunlar; Langbein ve Johnson (1997)'de tanıtılan MLE, Beran (1994)'de tanıtılan spektral

tahmin (SE: Spectral Estimation) ve Williams (2003b)'de tanıtılan deneysel yöntemdir(EM: Empirical Method).

4.4.1.1.1. Maksimum likelihood tahmini

MLE algoritması ilk olarak H. Jhonson tarafından oluşturulan bir dizi MATLAB komutundan gelmektedir. Bu kodlar ortaya çıktığında program çok yavaş olup ticari yazılımlara bağımlı olarak çalışmaktaydı. Programın yavaşlığını ortadan kaldırmak ve herhangi bir yazılıma bağlı olarak çalışmasını önlemek için kodlar tekrar düzenlenerek C++'da yazıldı. Bu yöntemin ortaya çıkmasında Langbein ve Johnson (1997), Zhang ve ark. (1997), Mao ve ark. (1999), Williams (2003b), Williams ve ark. (2004) ve Langbein (2004) tarafından yapılan çalışmalar esas alınmıştır.

4.4.1.1.2. Deneysel yöntem

Çoğunlukla yapılan çalışmalarda gürültü büyüklüğünden ziyade stokastik modelin parametreleri tahmin edilmektedir. Spekral indeks κ tahmininde, power-law gürültü modelleri veya çapraz parametreler, β, birinci sıradan Gauss-Markov gürültü modeli buna örnek olarak gösterilebilir. Bu parametreler bir dizi gürültü bileşeni ile birlikte genel olarak uphill simplexde ekstra boyutlarla basit bir şekilde eklenebilir. Fakat bu aşamayı gerçekleştirmemek için bazı şartlar vardır. Bu şartların başında, en fazla iterasyonda uphill simplex bu parametrelerin bir tanesi için yeni bir değer seçmesi ve bu yüzden yeni birim matrisi oluşturulması gelmektedir. Bu nedenle maksimizasyonu iki parçaya bölmek daha mantıklı olmaktadır. Birinci kısımda, bu aşama iç maksimizasyon olarak tanımlanırsa, belirlenen gürültü model parametreleri için gürültü büyüklüklerini basit bir şekilde tahmin edilir ve dış maksimizasyonda daha sonra diğer gürültü model parametrelerini tahmin etmede kullanılır. Bu süreç, kovaryans matrisini belirlemede kullanılan kodları sadece birkaç kez çağırmakla sonuçlanır ve daha durağan bir süreç sağlar.

4.4.1.1.3. Spektral tahmin

MLE'ye alternatif bir yöntem olarak zaman serilerinin power spektrumundan stokastik gürültü bileşenlerini tahmin etmek için SE kullanılabilir. CATS'de, Eğer

verilerde gap ve uyuşumsuz ölçü veya Scargle peridiogramı yoksa power spektrum Fast Furier Dönüşüm (FFT) kullanılarak oluşturulmaktadır. Stokastik gürültü bileşeni frekans alanında Whittle yaklaşımı MLE kullanılarak tahmin edilmektedir. MLE yöntemindeki gibi, SE açı ve ölçek yaklaşımı ile birlikte iç içe maksimizasyon komutları kullanılarak çözülmektedir. SE'nin avantajı genellikle MLE'den daha hızlı olmasıdır. Fakat dezavantajları olumlu yönlerini geçmektedir. MLE ile karşılaştırıldığında belirlenecek gürültü modellerinde bir sınırlama olması dezavantajıdır. Örneğin, değişken beyaz gürültü, power spektrumda WN'dan ayrıştırılamamaktadır. Spektral tahmin fonksiyonel modelin hız ve parametre tahminlerini gerçekleştirememektedir. Bu yöntem power spektrumlardan oluşturulan artıkları belirlemek için EKKY'i kullanmaktadır. Güç spektrumu, stokastik gürültü modelindeki değişikliklerden kaynaklanan kalıntılardaki ince değişimlerle büyük oranda değişmez. Eğer fonksiyonel modelin parametreleri ve hızlarının belirlenmesi gerekirse, onlar daha sonra WLS ile belirlenebilmektedir. Sonuç olarak SE, MLE'ye göre daha az hassas olan durumlarda tercih edilmektedir (Beran, 1994).

4.4.1.2. CATS yazılımında girdi dosyaları

Yazılımda veri girişi için iki farklı dosya türü mevcuttur. Bunlar, GNSS sonuç dosyalarına benzeyen bir CATS dosyası ve Ortalama Deniz Seviyesi için Kalıcı Servis (PSMSL: Permanent Service for Mean Sea Level) dosyasıdır. Program açık kaynak kodlu olduğu için kullanıcılar tarafından hazırlanan kodlar yardımıyla da veri giriş türü eklenebilmektedir. Tez kapsamında GPS zaman serileri kullanılacağı için bu bölümde zaman serileri dosyası incelenecektir.

Veri dosyası oldukça açık formatta olup iki kısımdan oluşur. Birinci kısım başlık ve ikinci kısım ise zaman serileridir. Başlık bilgisi GNSS noktalarına ait zaman serilerinin geldiği yeri göstermektedir. Başlık dosyaları # işareti ile başlamaktadır. CATS'deki başlık bilgileri sadece genel bilgileri tanımlar. Veri bölümü ise 7 sütundan oluşur. Bunlar sırasıyla, zaman (ondalık yıl) kuzey, doğu, yükseklik koordinat bileşenleri ve bunların karesel ortalama hatalarıdır (rms:root mean squares). Konumlar, başlangıç değeri olarak metre birimdedir. Fakat bu seçenek değiştirilebilir (Şekil 4.2).

```
#Kullanılan istasyon adi : KNYA
#X                       : 4243584.857
#Y                       : 2704006.727
#Z                       : 3908123.976
#Enlem                   : 38.0222153
#Boylam                  : 35.5052334
#Elipsoidal yükseklik    : 1205.71757
2009.04250222    -0.050790    -0.026720    +0.025840  +0.000120  +0.000110  +0.000400
2009.06166587    -0.051600    -0.024720    +0.023510  +0.000120  +0.000120  +0.000440
2009.08082951    -0.049920    -0.028570    +0.023670  +0.000120  +0.000110  +0.000400
2009.09999316    -0.051250    -0.026700    +0.020840  +0.000130  +0.000120  +0.000450
2009.11915680    -0.050310    -0.030000    +0.024620  +0.000160  +0.000150  +0.000570
2009.13832044    -0.043330    -0.028490    +0.040490  +0.000140  +0.000130  +0.000480
2009.15748409    -0.048300    -0.027080    +0.019970  +0.000120  +0.000110  +0.000410
2009.17664773    -0.051090    -0.028060    +0.023320  +0.000130  +0.000120  +0.000440
2009.19581137    -0.049230    -0.027200    +0.021230  +0.000130  +0.000120  +0.000440
2009.21497502    -0.046540    -0.028060    +0.023680  +0.000120  +0.000110  +0.000410
2009.23413866    -0.048350    -0.026210    +0.020270  +0.000120  +0.000110  +0.000410
2009.25330231    -0.047830    -0.026820    +0.017810  +0.000130  +0.000130  +0.000460
2009.27246595    -0.048050    -0.025120    +0.016790  +0.000110  +0.000110  +0.000390
```

Şekil 4.2. CATS zaman serileri dosyasına bir örnek

offset decimal_date component_code

Burada decimal_date offsetlerin oluştuğu zamandır ve component_code, offsetin uygulanması gereken üç yönlü bileşenlerinden hangisini kullanacağını seçen bir tamsayıdır. **component_code**, Linux tarzı bir sistemdeki dosya izinlerine benzer bir şekilde ifade edilir. **component_code**, offsetlerin kuzey (4), doğu (2) ve düşey (1) değerleri ile göründüğü bileşenlerin toplamıdır. Bu, etkilenen bileşenlerin tüm kombinasyonları için 0 ile 7 arasında özel bir sayı verir. Örneğin, eğer kuzey ve yükseklik bileşeninde bir offset meydana gelmişse **component_code** 5 dir. Bütün bileşenler için bu değer 7 dir. Offsetin kronolojik bir sırada olmasına gerek yoktur ve veri seti içinde belirli bir zaman aralığında olması zorunluluğu yoktur. Program çözümleme aşamasında offsetleri düzgün bir şekilde otomatik olarak oluşturabilmektedir.

4.4.1.3. CATS'ın kullanımı

Bu program kısa ve uzun seçeneklerle komut satırı ile ilişkilidir, bu yüzden çalıştırmak için girdi dosyasından başka bir dosya gerektirmemektedir. Program çalıştıran komut satırı 3 bölüme ayrılarbilir, Bu bölümler stokastik model, fonksiyonel model ve diğer seçenekler olarak ifade edilebilir.

- ***Stokastik model***

Stokastik model, model seçeneği kullanılarak tanımlanır ve herhangi bir zaman serisinde gerekli olması halinde kullanılabilir. Örneğin;

-- model wh: -- model pl: k-1

WN ve FN seçenekleri için kullanılır. Burada pl, power law süreci ve wh beyaz gürültü sürecini tanımlamaktadır. Power law sürecin ikinci kısmı k-1 ise -1 indekste flicker gürültüyü ifade etmektedir. Eğer spektral indeks tanımlanmaz ise, program bu durumda bu parametreleri tanımlayacaktır. CATS farklı gürültü modelleri için kovaryans matrisi üretebilmektedir. Bunlar;

- Beyaz gürültü
- Power law gürültü
- Birinci sıradan Gauss Markov gürültü
- Bant geçirgen gürültü
- Genelleştirilmiş Gauss Markov
- Değişken beyaz gürültü
- Adım adım değişken beyaz gürültü

olarak sıralanabilir.

- ***Fonksiyonel Model***

Fonksiyonel model eğer bir eğime, sıçramaya ya da herhangi bir ofset veri setinde olması durumda daha önceden tanımlanmaktadır. Eğer herhangi bir periyodik sinyalin büyüklüğü ve genliği belirlenecekse, o zaman bu **sinusoid** komutu ile belirlenir. Bu komut gerekli olduğu her zaman komut satırında kullanılabilir. Eğer programın trendi belirlemesi istenmiyorsa, **notrend** komutu kullanarak bunu gerçekleştirilebilir.

- ***Diğer seçenekler***

Yöntem, hangi tahmin yönteminin kullanılacağını ifade eder. Verbose komutu, çıktı dosyasında ekstra bilgilere izin verir. Output komutu ise çıktıların ekrana yazılmasının yanı sıra bir dosyaya yazılması için kullanılır.

vyas.neu uzantılı bir dosyada beyaz gürültü ile flicker gürültünün miktarı belirlenecekse ve veride yıllık bir sinyal etkisinin olduğu da düşünülüyorsa bu durumda,

cats vyas.neu -- sinusoid 1y -- model pl:k-1 -- model wh: -- verbose -- output vyas.fn_mle

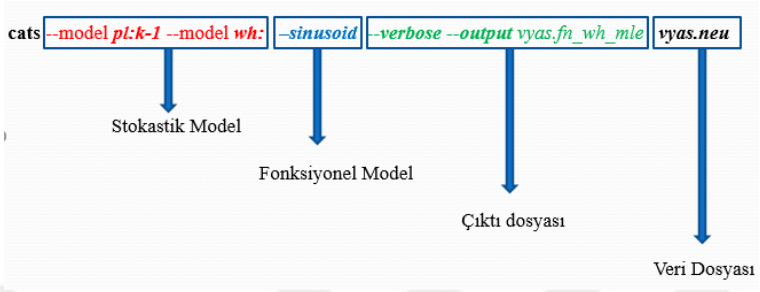
komutu kullanılmalıdır. Bu durumda sonuçlar vyas.fn_mle isimli bir dosyaya programın çalıştırıldığı dizinde saklanacaktır.

Eğer verinin sadece bir koordinat bileşeni için -1 spektral indekste 6 aylık dönemler için gürültü analizi yapılması ve bir dosyaya yazılması isteniyorsa, bu durumda da,

cats vyas.neu -- sinusoid 1y1 --model pl:k-1 -- column 3 – verbose output vyas.fn_mle

komutunun kullanılması gerekmektedir.

Genel olarak CATS yazılımının çalışma sistemi Şekil 4.3'de verilmiştir.



Şekil 4.3 CATS yazılımı çalışma prensibi

4.4.1.4. Genel CATS çıktıları

Yazılımın çıktıları hem ekrana hem de **output** komutu ile bir dosyaya yazdırılabilir. **vyans.neu** dosyasından kuzey bileşeni için çıktı aşağıdaki komut kullanılarak elde edilebilir,

cats --model pl:k-1 --model wh: --columns 4 --sinusoid 1y --verbose –output… vyas.fn_wh_mle vyas.neu

ve Şekil 4.4' de verilmektedir.

```
Cats Version : 3.1.2
Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output KNYA_wn.out vyas1_KNYA.neu
Data from file : vyas1_KNYA.neu
cats : running on sercan61
Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
userid : sercan

Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
Number of samples 1 period apart = 1 of 243
Number of points in full series  = 533
Number of series to process : 3
Start Time : Thu Feb 22 13:27:16 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       IS FREE

+NORT  MLE    :     -440.219481
+NORT  INTER  :      -50.4411 +-      0.1952
+NORT  SLOPE  :        3.2869 +-      0.0641
+NORT  SIN    :        0.9179 +-      0.1346
+NORT  COS    :        0.9358 +-      0.1340
+NORT  SIN    :       -0.1594 +-      0.1340
+NORT  COS    :       -0.1606 +-      0.1331
+NORT  VL     :       -0.0102 +-      0.0002
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :        1.4700 +-      0.0665
```

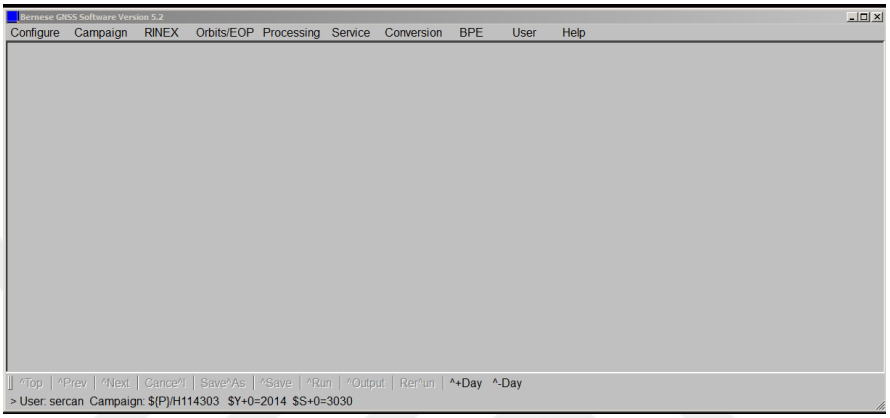
Şekil 4.4. Verbose seçeneği ile CATS programından elde edilen çıktı dosyası

İlk blok kullanılan komutun kısaca bir özetini vermektedir. Bunlar yazılımın versiyonu, kullanıcı bilgileri, programın çalıştırıldığı makine hakkındaki bilgilerdir. İkinci blok ise, eğer **verbose** komutu kullanılmışsa, kullanılan veri setinin bir özetini vermektedir. Program zaman serisinin muhtemel örnekleme frekansını tahmin etmeye çalışır. Bu aşama gereklidir çünkü power-law ve first-order Gauss Markov (FOGM) kovaryans matrisi örnekleme aralığına göre ölçeklendirilir. Veri örneklemesi özellikle düzensiz ise, güç yasasını veya FOGM kovaryans matrisini, matrisi tek tek numune alma aralıkları ile ölçeklendiren farklı bir yöntemle oluşturmak için bir seçenek vardır. Gerçek sonuçları içeren satırlar + sembolü ile gösterilir ve bunu kuzey, doğu, yükseklik bilgileri izler. MLE hesaplanır, maksimum likelihood değeri, INTER verilerin başlangıç yılında tanımlanan t_0 aralığıdır. (örneğin veri 2009.04 'den başlıyorsa t_0 2009.0 dır). Birleştirilmiş belirsizlikler bir sigmadır ve Fisher Information Matrix kullanılarak hesaplanır. Fonksiyonel parametreler için belirsizlikler düzeltilir ve yeni testlerden, gürültü testleri için gerçekçi olarak türetilir.

Şekil 4.4'de gösterilen örnek için, WN büyüklüğü hesaplanmıştır. Bu tek boyutlu bir maksimizasyon problemi olduğu için, program uphill simplex yerine Brent maksimizasyonunu kullanmıştır. Algoritmanın adımları sonuçlarda görülebilir. Yazılım ayrıca güç spektrumunun 1 tanesini hesaplamaktadır. Buda sadece beyaz gürültüdür.

5. BERNESE V5.2 BİLİMSEL GNSS YAZILIMI

Bernese GNSS yazılımı; bilimsel, yüksek hassasiyetli ve çok sayıda GNSS verisini çözebilen Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü (AIUB. Astronomical Institute of the University of Bern) tarafından geliştirilen bir yazılımdır. Yazılım Windows işletim sistemli bir bilgisayara kurulması durumunda ilk ekran görüntüsü Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ana ekran görüntüsü

Bu yazılımın genel olarak kullanıcıları,

- Eğitim ve araştırma için akademisyenler
- Yüksek doğruluklu GNSS verilerini işleyen firmalar
- Sabit GNSS ağlarını sürdürmekle sorumlu firmalar
- Yüksek doğruluk, güvenirlik ve verimlilik gerektiren ticari kullanıcılar

olarak sıralanabilir(Dach ve ark., 2015).

Yazılımın genel özellikleri ise,

- Unix/Linux, Mac ve Windows sistemlerinde çalışması
- HTML tabanlı bir kullanıcıya yardım sağlayan GUI nin bulunması
- Çok oturumlu paralel tekrar çözümleme olanağının olması
- Farklı uygulamalar için farklı BPE'lerin kullanıma hazır olması (Hassas Nokta Konumlama (PPP: Precise Point Positioning) , Alıcıdan Bağımsız Veri Değişim Formatı (RINEX)- İstasyon Konumu ve Hız Çözümleri (SINEX), Saat belirleme)
- LEO GPS verilerine dayalı hassas uyudu belirleme
- SLR doğrulama

- Program otomatik olarak koordinat zaman serileri analizi gerçekleştirmek
- GPS ve GLONASS için faz başlangıç belirsizliğini çözebilmek
- Normal eşitlik seviyesinde ele alınan esnek parametreler sunmak (NEQ).
- Modern troposfer modelleri sunmak (VMF1, GMF/GPT)
- Daha yüksek dereceli iyonosfer düzeltmelerini içeren iyonosfer modelleme yapmak.
- IGS ve IERS 2010 'a uyumlu
- Farklı alıcı ve anten tiplerine uyum sağlayabilmek.
- Galileo çözümlemesine olanak sağlamak

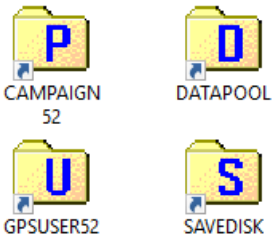
olarak ifade edilebilir(Dach ve ark., 2015).

Yazılımın genel uygulamaları da;

- Küçük boyutlu tek ve çift frekanslı ölçmelerin hızlı çözümlenmesi
- Sabit ağların otomatik çözümlenmesi
- Gerçek zamanlı uygulamaları prosses etmesi
- Çok sayıda alıcıdan toplanan verileri çözümlemesi
- GPS ve GLONASS verilerinin birlikte çözümlenmesi
- İyonosfer ve troposferin izlenmesi
- Saat tahmini ve zaman dönüşümü
- Yörünge belirleme
- SLR yörünge doğrulama olarak ifade edilebilir(Dach ve ark., 2015).

Bernese GNSS yazılımı hesap algoritması olarak EKKY algoritmasını kullanması da programın etkin bir özelliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı şimdiye kadar geliştirilmiş diğer yazılımlardan farklı olarak programın kurulması sonucunda kullanıcıya işlem kolaylığı sağlaması açısından DATAPOOL ve SAVEDISK alanları eklenmiştir. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımnda bulunan dosyalar Şekil 5.2 'de gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında kullanıcı dosyaları

Bu dosyalardan,

CAMPAING52 klasöründe GNSS çözümünde oturumların bulunduğu dizindir.

SAVEDISK klasörü ise Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının otomatik olarak çalıştırılması sonucunda kullanıcıya daha sonraki çözümlemelerde yarar sağlayacak olan dosyaların saklandığı saklama alanı olarak hazırlanmış klasördür.

GPSUSER klasörü ise genel parametrelerin oluşturulduğu ve ilgili aralıklarla güncellenecek dosyaların bulunduğu dizindir.

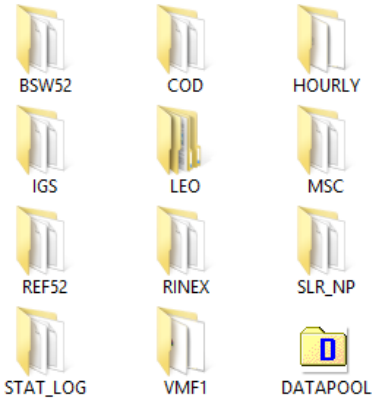
DATAPOOL klasörü ise Bernese Program Dizini (BPE: Bernese Processing Engine)'nin otomatik olarak çalıştırılmasında ve daha sonraki çalışmalar içinde ham verilerin yüklendiği ve ilgili kampanyanın içerisinin doldurulması için gerekli verilerin olduğu dizindir.

5.1. BERNESE v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımı kullanıcı Dosyaları

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında kullanıcı otomatik çözümleme yapacaksa, daha önceki versiyonlardan farklı olarak, DATAPOOL klasörünü, manuel olarak çözümleme yapacak ise KAMPANYA klasörünü doldurması gerekmektedir.

5.1.1. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı DATAPOOL klasörü

Daha önceki versiyonlardan farklı olarak Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında otomatik çözümlemenin başlatılması için DATAPOOL dizininin hazırlanması çözümleme aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Tez kapsamında RNX2SNX.PCF(RINEX2SINEX.TheProcessControlFile) otomatik çözümü kullanılacağı için, bu bölümde DATAPOOL dizininde olması gerekenler ve bu verilerin nereden temin edileceği açıklanacaktır. DATAPOOL dizininde bulunan dosyalar Şekil 5.3'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 5.3. Bernese 5.2 Bilimsel GNSS yazılımı DATAPOOL ana dosyaları

- **BSW52** ile gösterilen klasöre Anonim2 (2018) adresinden **CODwwwwd.ION.Z** iyonosfer dosyası, **CODwwwwd.TRO.Z** troposfer dosyası ile **P1P2yymm.DCB.Z** iyonosfer belirleme dosyası ile **P1C1yymm.DCB.Z** saat kestirimi dosyaları indirilir.

yyyy = Yıl (2009, 2010 vb.)

yy = Yılın son iki rakamı (03, 07, 11 vb.)

mm = Ay (01, 02,……11, 12)

wwww= GPS haftası (1961 vb.)

d = GPS gününü(0, 1, 2, 3, 4, 5, 6) ifade etmektedir.

Örnek olarak 1888 GPS haftası 2 günü (15 Nisan 2016) için COD18882.ION.Z ve COD18882.TRO.Z ile P1P21604.DCB, P1C11604.DCB dosyaları temin edilmelidir.

- **COD** ile gösterilen klasöre Anonim2 (2018) adresinden **CODwwwwd.EPH.Z, CODwwwwd.CLK.Z, CODwwww7.ERP.Z, CODwwww7.SUM.Z, CODwwww7.SNX.Z** dosyaları indirilir.

yyyy = Yıl (2009, 2010 vb.)

wwww= GPS haftası (1513,1615 vb.)

d= Gün (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)

Örnek olarak ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/2016 adresinden COD18882.EPH.Z, COD18882.CLK.Z, COD18882.ERP.Z, COD18882.SUM.Z, COD18882.SNX.Z dosyaları temin edilmelidir.

- **IGS** ile gösterilen klasöre Anonim3 (2018) adresinden **igswwwwn.clk.Z, igswwwwn.sp3.Z, igswwww7.erp.Z, igswwww7.sum.Z,** Anonim4 (2018) **adresinden de iglwwwwn.sp3.Z, iglwwww7.sum.Z** dosyaları indirilir.

wwww= GPS haftası (1513,1615 vb.)

n= Gün (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)

Örnek olarak ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/1888 adresinden igs18882.clk.Z, igs118882.sp3.Z, igs18882.erp.Z, igs18882.sum.Z, igl118882.sp3.Z, igl18882.sum.Z dosyaları temin edilmelidir.

- **MSC** ile gösterilen klasörde ise hangi noktalarının çözümlemesi yapılacağına dair bilgilerin bulunduğu OBSSEL klasörü kullanıcı tarafından hazırlanacaktır.
- **REF52** ile gösterilen klasöre Anonim5 (2018) adresinden **IGS08.FIX, IGS08_R.CRD, IGS08_R.VEL** dosyaları indirilir. Ayrıca bu klasör içerisinde kullanıcı tarafından hazırlanan ABB, ATL, BLQ, CLU, CRD, PLD, STA ve VEL dosyaları bulunmalıdır.

ABB = istasyon dosyalarının kısa adları

ATL = Atmosferik gelgit dosyası

BLQ = okyanus yüklemesi katsayıları

CLU = çözümlemede kullanılan kümeler

CRD = koordinat dosyaları

PLD = istasyonların hangi tektonik plakada olduğunu gösteren dosya

STA = istasyon bilgi dosyası

VEL = istasyon hızları

- **RINEX** ile gösterilen klasöre Anonim6 (2018) adresinden ya da Anonim7 (2018) adresinden ham veriler indirilebilmektedir. Ayrıca çözümleme yapılacak olan ham veriler tüm günü kapsıyorsa bu klasöre aksi takdirde ise HOURLY klasörüne kopyalanmalıdır. (**onsaddd0.yyd.Z, akhrddd0.yyd.Z** vb.**)**

yyyy = Yıl (2009, 2010 vb.)

ddd= Yılın Günü (004, 069, 258 vb)

yy= Yılın son iki rakamı (09, 10, 11 vb.)

Örnek dosya adı= onsa2060.11d.Z

- **VMF1** klasöründe ise gecikme dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalar günü dört bölüme ayırarak verilmektedir. VMF1 de bulunan dosyalar Anonim8 (2018) adresinden indirilmektedir.

VMFG_yyyymmdd.H00

VMFG_yyyymmdd.H06

VMFG_yyyymmdd.H12

VMFG_yyyymmdd.H18

olarak indirilmektedir. Burada;

yyyy = yılı

mm = ay

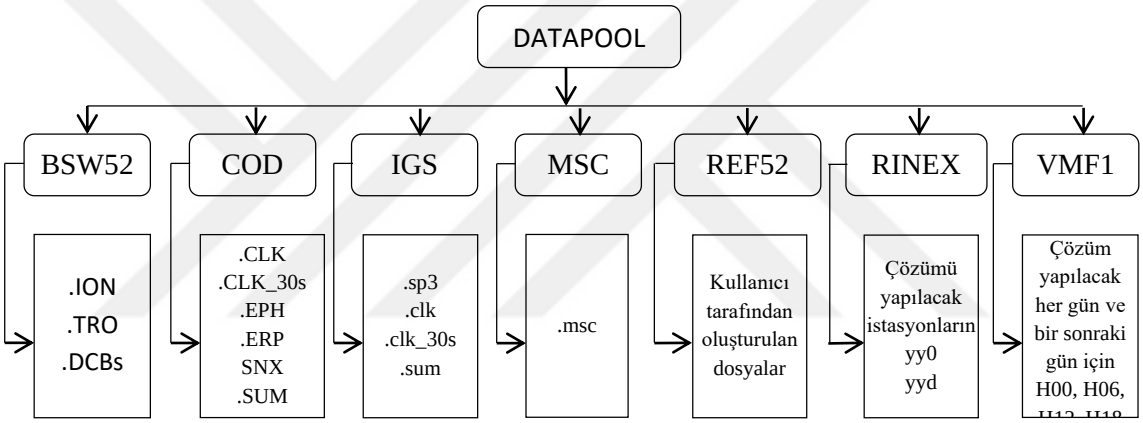
dd = gün olarak seçilmektedir.

Örnek olarak 2014 yılının 1.ayı 21. Günü için gecikme dosyaları

VMFG_20140121.H00 VMFG_20140121.H06

VMFG_20140121.H12 VMFG_20140121.H18'dır.

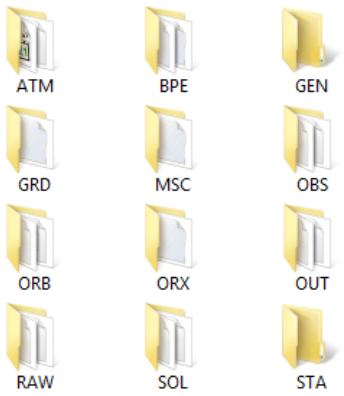
DATAPPOL dizinin içindeki dosyaları ve bunlar için olması gereken veriler özet olarak Şekil 5.4 verilmiştir.



Şekil 5.4 DATAPOOL klasörü ve alt dizinlerinin doldurulması

5.1.2. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı KAMPANYA klasörü

Bernese v5.2 GNSS yazılımı ile otomatik çözümleme yapılmadan önce kampanya (oturum) oluşturulmalıdır. Bu dizin çalıştırılan PCF'ye bağlı olarak program tarafından otomatik olarak doldurulmaktadır. Kampanya klasöründe oluşturulan alt dizinler Şekil 5.5 deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı KAMPANYA klasörü

Bu ana dosyada bulunan dizinler PCF'nin çalışması sonucunda program tarafından otomatik olarak doldurulacaktır. Çözüm otomatik olarak yapılacaksa DATAPOOL klasörünün doldurulması yeterlidir.

- **ATM** ile gösterilen klasörde atmosfer dosyaları bulunmaktadır. Bu dosyalar otomatik olarak buraya getirilecektir.
- **GEN** ile gösterilen klasörde proje ile ilgili genel parametreler, uydulara ilişkin hataları içeren CRX uzantılı dosyalar, anten faz merkezi kayıklıklarını içeren PHAS_IGS.REL dosyası, alıcı türlerini içeren RECEIVER ve yörüngedeki uydu bilgilerini içeren SATELLIT vb. dosyalar bulunmaktadır. Bu dosyalar zaman zaman ftp adresinden ya da ilgili adresten güncellenmelidir. Ayrıca bu dosyalar zaman zaman güncellendikten sonra GPS/GEN klasörü altına kopyalanması yeterli olmaktadır.
- **ORB** ile gösterilen klasörde yörüngeye ilişkin dosyalar; ERP, PRE, IEP, P1C1.DCB, P1P2.DCB ve saat dosyası CLK program tarafından kopyalanmaktadır.
- **ORX** ile gösterilen klasörde istasyonlara ait 30 saniyelik RINEX dosyalar ile kullanılan IGS istasyonlarına ait RINEX dosyalar bulunmaktadır.
- **STA** ile gösterilen klasörde projeye ilişkin dosyalar; STA, PLD, BLQ, FIX, CRD, VEL uzantılı dosyalar bulunmaktadır.
- **PBE** ile gösterilen programın komutlar arası geçişini ve programın olası bir hata vermesi durumda raporların bulunduğu dizini göstermektedir.
- **OUT** ile gösterilen klasörde ise programın çalışmasını bitirdikten sonra oluşan özet dosyaları gözükmektedir.

5.2. Veri Çözümlemede Kullanılacak Bernese Alt Programı (RNX2SNX.PCF)

Çözümde final koordinatları ve bunlara ait küçültülmüş normal eşitlik denklemleri kullanılacağı için bu bölümde final koordinatlarının ve küçültülmüş normal eşitlik denklemlerinin elde edildiği RNX2SNX.PCF otomatik çözümleme komutu ve bu komut altında gerçekleştirilen işlem adımları açıklanmıştır.

RNX2SNX.PCF nihai koordinatları ve bunlara ait küçültülmüş ölçü denklemlerini elde ederken 7 aşamalı bir çözümleme yapmaktadır. Bu aşamalar ve hangi işlemleri gerçekleştirdikleri aşağıda listelenmiştir.

5.2.1. Ön hazırlık ve öncül koordinatların oluşturulması

Bu aşamada BPE'nin başlaması için ön hazırlığın yapıldığı komut ekranıdır. Bu aşamanın başlatılması için öncelikle DATAPOOL klasörü uygun olarak doldurulmalıdır. Bu aşamada DATAPOOL klasöründe bulunan dosyalar programın çalışmasında CAMPAING52 içinde bulunan klasörlere kopyalama işlemlerini gerçekleştirmektedir (Şekil 5.6).

```
#
# Skip session (reprocessing)
# ---------------------------
000 SKIP_SES R2S_GEN           ANY      1
#
# Copy required files
# -------------------
001 R2S_COP   R2S_GEN          ANY      1 000
002 ATX2PCV   R2S_GEN          ANY      1 001
003 COOVEL    R2S_GEN          ANY      1 001
004 COOVEL    R2S_GE2          ANY      1 001
005 CRDMERGE  R2S_GEN          ANY      1 003 004
011 RNX_COP   R2S_GEN          ANY      1 001
021 OBSMRGAP  R2S_GEN          ANY      1 011
022 OBSMRG_P  R2S_GEN          ANY      1 021
031 ION_MRG   R2S_GEN          ANY      1 011
099 DUMMY     R2S_GEN          ANY      1 002 005 022 031
```

Şekil 5.6. RNX2SNX.PCF ilk aşama

5.2.2. Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması

Bu aşamada ise standart adımlar sağlanmaktadır. Burada Dünya ve yer dönüklük parametreleri Bernese formatına dönüştürülmektedir. Bu aşamada tutarsızlıklardan kaçınmak için ilgili kutup bilgileri ile yörünge bilgilerinin birlikte kullanılması önem arz etmektedir (Şekil 5.7).

```
#
#
# Prepare the pole and orbit information
# --------------------------------------
101 POLUPDH   R2S_GEN           ANY      1 001
111 ORBMRGH   R2S_GEN           ANY      1 001
112 PRETAB    R2S_GEN           ANY      1 101 111
113 ORBGENH   R2S_GEN           ANY      1 112
199 DUMMY     NO_OPT            ANY      1 113
```

Şekil 5.7. RNX2SNX.PCF ikinci aşama

5.2.3. Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü

Bu aşamada gözlem dosyalarının dönüşümü ve senkronizasyonu sağlanmakta, RINEX dosyaları Bernese formatına dönüştürülmekte, GPS ile alıcı saatlerinin senkronizasyonu sağlanmaktadır. Bu aşama Bölüm 5.2.2 ile birlikte programın temelini oluşturmaktadır (Şekil 5.8).

```
#
# Preprocess, convert, and synchronize observation data
# -----------------------------------------------------
201 RNXSMTAP R2S_GEN           ANY      1 099
202 RNXSMT_H R2S_GEN           ANY      1 201
211 RNXGRA   R2S_GEN           ANY      1 202
221 RXOBV3AP R2S_GEN           ANY      1 211
222 RXOBV3_H R2S_GEN           ANY      1 221
231 CODSPPAP R2S_GEN           ANY      1 099 199 222
232 CODSPP_P R2S_GEN           ANY      1 231
233 CODXTR   R2S_GEN           ANY      1 232
299 DUMMY    NO_OPT            ANY      1 233
```

Şekil 5.8. RNX2SNX.PCF üçüncü aşama

5.2.4. Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması

Bu aşamada faz belirsizlikleri çözülmeden final çözümü elde edilmektedir. Programın çalışmasındaki ana bölümlerden biri olarak tanımlanabilir. İlk olarak tekli farklar oluşturulur, cycle slips'ler belirlenir ve onarılır. Uyuşumsuz ölçüler atılır. bu bölüm önemli adımlardan birisidir çünkü burada sonuçların kalitesini etkileyecek olan uyuşumsuz ölçüler temizlenir. Bu bölümün sonunda da faz başlangıç belirsizliği giderilmeden final çözümler elde edilir(Şekil 5.9).

```
#
# Form baselines and pre-process phase data (incl. residual screening)
# -------------------------------------------------------------------
301 INIT_BSL R2S_GEN           ANY      1 299
302 SNGDIF   R2S_GEN           ANY      1 301
303 SNGDIF   R2S_GE2           ANY      1 302
311 MAUPRPAP R2S_GEN           ANY      1 302
312 MAUPRP_P R2S_GEN           ANY      1 311
313 MPRXTR   R2S_GEN           ANY      1 312
321 GPSEDTAP R2S_EDT           ANY      1 313
322 GPSEDT_P R2S_EDT           ANY      1 321
323 GPSXTR   R2S_EDT           ANY      1 322
331 RES_SUM  R2S_GEN           ANY      1 322
341 ADDNEQ2  R2S_GEN           ANY      1 331
342 GPSXTR   R2S_GEN           ANY      1 341
399 DUMMY    NO_OPT            ANY      1 303 323 342
```

Şekil 5.9. RNX2SNX.PCF dördüncü aşama

5.2.5. Faz başlangıç belirsizliklerinin çözümlenmesi

Bu bölümde ise faz başlangıç belirsizlikleri çözülmeye başlanır. GPS ve GLONASS verilerine dayalı olarak faz başlangıç belirsizliklerinin çözümü bu aşama sonunda belirlenmiş olur (Şekil 5.10).

```
#
# Resolve phase ambiguities
# -------------------------
401 SATMRK   R2S_GEN           ANY      1 399
411 GNSAMBAP R2S_AMB           ANY      1 401
412 GNSAMB_P R2S_AMB           ANY      1 411
421 GNSL53AP R2S_L53           ANY      1 412
422 GNSL53_P R2S_L53           ANY      1 421
431 GNSQIFAP R2S_QIF           ANY      1 422
432 GNSQIF_P R2S_QIF           ANY      1 431
441 GNSL12AP R2S_L12           ANY      1 432
442 GNSL12_P R2S_L12           ANY      1 441
443 AMBXTR   R2S_AMB           ANY      1 442
499 DUMMY    NO_OPT            ANY      1 443
```

Şekil 5.10. RNX2SNX.PCF beşinci aşama

5.2.6. Final çözümünün gerçekleştirilmesi

Bu aşamada ise faz başlangıç belirsizlikleri çözümlendikten sonra sabit ağ çözümü elde edilir. Final NQE, SNX ve TRP dosyaları oluşturulur. Bu bölümde ayrıca referans çerçevesinin otomatik olarak da doğrulaması gerçekleştirilir (Şekil 5.11).

```
#
# Compute ambiguity-fixed network solution, create final NEQ/SNX/TRO files
# ------------------------------------------------------------------------
501 GPSCLUAP R2S_FIN           ANY      1 499
502 GPSCLU_P R2S_FIN           ANY      1 501
511 ADDNEQ2  R2S_FIN           ANY      1 502
512 GPSXTR   R2S_FIN           ANY      1 511
513 COMPARF  R2S_FIN           ANY      1 511
514 HELMCHK  R2S_FIN           ANY      1 511
521 ADDNEQ2  R2S_RED           ANY      1 514
522 GPSXTR   R2S_RED           ANY      1 521
599 DUMMY    NO_OPT            ANY      1 512 513 514 522
```

Şekil 5.11. RNX2SNX.PCF altıncı aşama

5.2.7. BPE'nin sonlandırılması

Bu aşamada ise özet dosyalarının oluşturulması, sonuçların kayıt edilmesi, ara dosyaların temizlenmesi gerçekleştirilerek BPE sonlandırılır(Şekil 5.12).

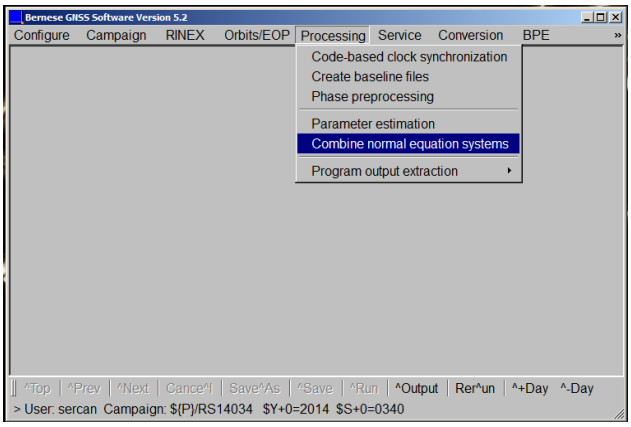
```
#
# Create summary file and delete files
# ------------------------------------
901 R2S_SUM   R2S_GEN           ANY      1 599
902 R2S_SAV   R2S_GEN           ANY      1 901
903 OBS_SAV   R2S_GEN           ANY      1 901
904 R2S_DEL   R2S_GEN           ANY      1 902 903
991 BPE_CLN   R2S_GEN           ANY      1 904
#
# End of BPE
# ----------
999 DUMMY     NO_OPT            ANY      1 991
```

Şekil 5.12. RNX2SNX.PCF son aşama

5.3. Hız Tahmini (ADDNEQ2)

Bernese v5.2 GNSS yazılımında farklı yöntemlerle hız kestirimi yapılmaktadır. Bunlar; CODSPP, MAUPRP, GPSEST, ADDNEQ2 ve FODITS'tir. Bu çalışmada ADDNEQ2 ile hız kestirimi yapılmıştır. ADDNEQ2'nin tercih edilmesinin sebebi, Datum tanımı için kullanılacak istasyon noktalarının koordinatlarının çözümünün HELMR1 altyordamı ile gerçekleştirilecek olması ve ADDNEQ2 tarafında NEQ'lerin inversinin datumu tanımlayacak noktaların güncellenmesi için tekrar edilmesidir. Çok oturumlu çözümlerde ve hız tahminlerinde bu ADDNEQ2 ile mümkündür(Dach ve ark., 2015).

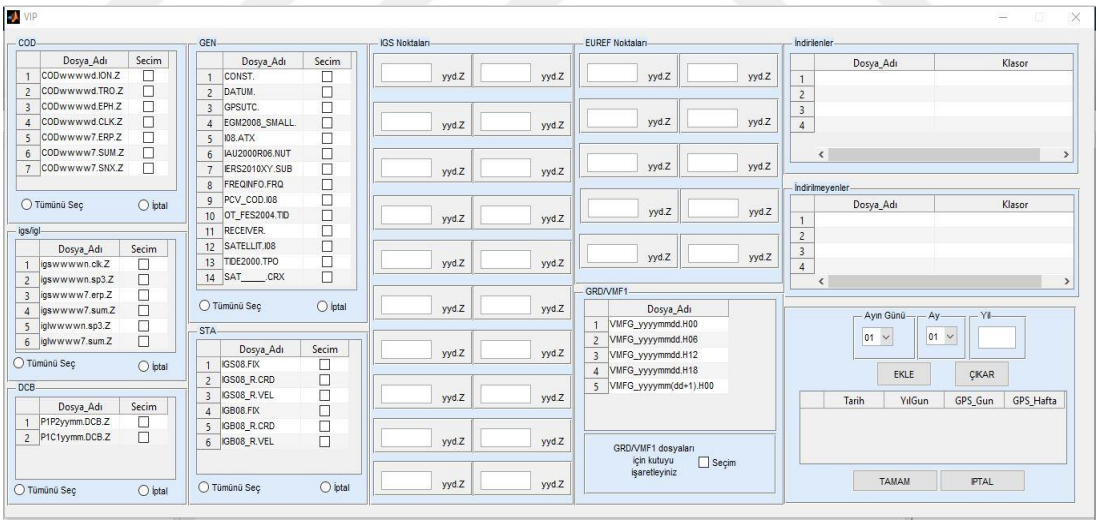
İkili farklar yöntemi ile dengeleme sonucunda nihai koordinatlar ve küçültülmüş normal eşitlik denklemleri elde edildikten sonra bunların birleştirilmesi ve istenilen epokta noktaların hızları ile koordinatlarının elde edilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda Bernese v5.2 GNSS yazılımında menü bölümünden Processing >> Combine Normal Equations systems seçilerek hızların kestirimi yapılabilmektedir (Şekil 5.13).



Şekil 5.13. Hız kestirimi ADDNEQ2

5.4. Veri İndirme Programı (VIP)

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında değerlendirme yapmak için karşılaşılan en önemli sorunlardan biri veri indirmeden kaynaklanmaktadır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için Veri İndirme Programı adı altında bir dizi matlab komutu yardımıyla arayüze sahip bir program geliştirilmiştir (Şekil 5.14)(Başçiftçi, 2017).



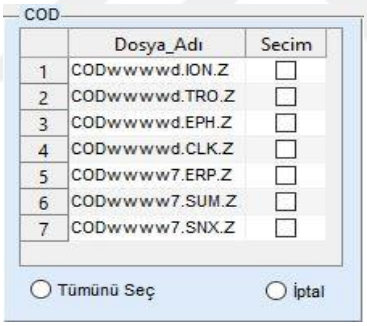
Şekil 5.14. Veri indirme programı ara yüzü

Arayüz ekranıda, yıl, ay gün bilgileri kullanıcı tarafından girilmektedir. Girilen verilere göre GPS haftası ve günü, yılın günü değerleri program tarafından hesaplanmaktadır (Şekil 5.15). Daha sonra analiz için gerekli olan dosyalar programdan seçilerek internet adreslerinden indirilmeye başlanmaktadır.



Şekil 5.15. Tarih giriş ekranı

Şekil 5.16'daki COD dosyaları (.ION (iyonosfer dosyaları), .TRO (trofosfer dosyaları), .EPH (efemeris dosyaları), .CLK (saat düzeltmeleri), .ERP (yer dönüklük parametreleri), .SUM (özet dosyaları), .SNX (SINEX dosyalası) program tarafından hesaplanan GPS haftası ve gününe göre Anonim2 (2018)'den temin edilmektedir. .ION ve .TRO uzantılı dosyalar DATAPOOL/BSW52 dizinine, .EPH, .CLK, .ERP, .SUM ve .SNX uzantılı dosyalar ise DATAPOOL/COD dizinine kaydedilmektedir.



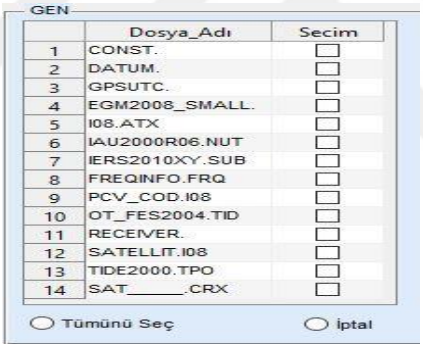
Şekil 5.16. VIP COD ekranı

Şekil 5.17' de gösterilen igs/igl (igs; GPS uyduları için, igl; GLONASS uyduları için) dosyaları, hassas efemeris dosyaları (.sp3), saat düzeltmeleri (.clk), yer dönüklük parametreleri (.erp) ve özet dosyaları (.sum) GPS için Anonim3 (2018)'den, GLONASS için de Anonim4 (2018)'den temin edilmektedir.(www=GPS haftası, n=GPS günü) GLONASS uyduları içinde GPS haftası ve günü ile benzer isimlendirme yapılmıştır. Indirilen veriler de DATAPOOL/IGS dizinine kaydedilmektedir.



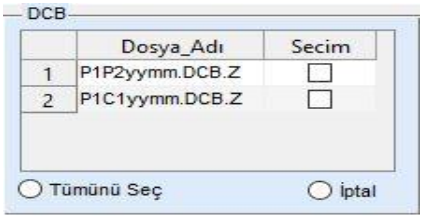
Şekil 5.17. VİP'da igs ve igl ekranları

Şekil 5.18'de gösterilen GEN dosyları Anonim9 (2018)'den temin edilmiştir. Bu dizinde en önemli olan durum ise bazı dosyaların zaman zaman güncellenmesinin yapılmasıdır. Bunlara ilaveten SATyyyy.CRX dosyası çözüm yapılacak yıla ilişkin dosyadır ve çözüm yapılacak yıla ait olan dosyanın indirilmesi gerekmektedir. İndirilen dosyalar C:\BERN52\GPS\GEN dizininde kaydedilmektedir.



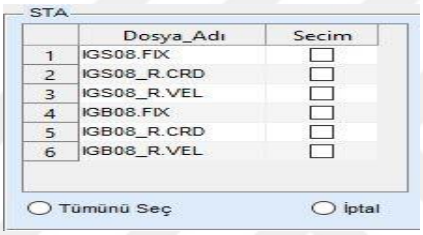
Şekil 5.18. VİP'de GEN ekranı

Şekil 5.19'da gösterilen DCB (Differential Code Bias) dosyaları, P1P2yymm.DCB (Ionosphere determination) ve P1C1yymm.DCB (Hour prediction) Anonim2 (2018)'den yıl ve aya bağlı olarak temin edilmektedir. Indirilen dosyalar DATAPOOL/BSW52 dizinine kaydedilmektedir.



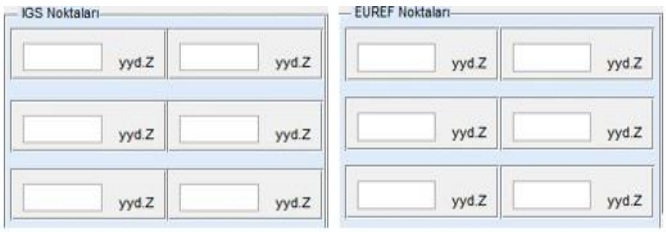
Şekil 5.19. VİP'de DCB ekranı

Şekil 5.20'de gösterilen STA dosyaları ve istasyon koordinatlar (.CRD), hız (.VEL), liste (.FIX) dosyaları Anonim5 (2018)'den temin edilmiştir. Indirilen STA dosyaları DATAPOOL/REF52 dizinine kaydedilmektedir.



Şekil 5.20. VİP'de STA ekranı

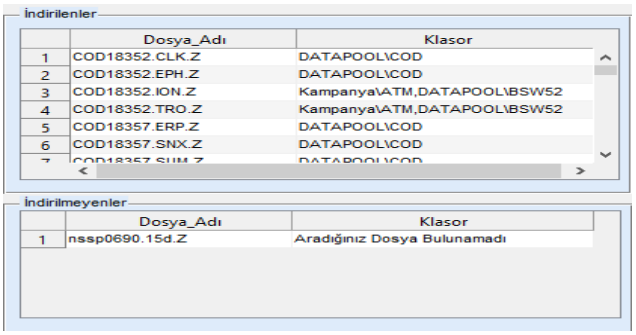
Şekil 5.21'de ki, değerlendirilme de IGS mi EUREF noktanısımı kullanılacak bu noktalarla ile ilgilidir. IGS noktaları Anonim6 (2018)'den, EUREF noktaları içim ham veriler ise Anonim10 (2018)'den temin edilmiştir. İndirilen verileri DATAPOOL/RINEX dizinine kaydedilmektedir.



Şekil 5.21. VİP'de IGS ve EUREF noktaları ekranı

Gerekli olan dosyalar seçildikten sonra, "OK" tuşuna basılarak indirme işlemine başlanmaktadır. İndirme işlemi tamamlandıktan sonra Şekil 5.22'da ki ekran da indirilen

ve indirilemeyen dosyalar gözülmekedir. Ayrıca bu bölümde hangi dosyanın hangi dizine indirildiğide açık bir şekilde gösterilmektedir.



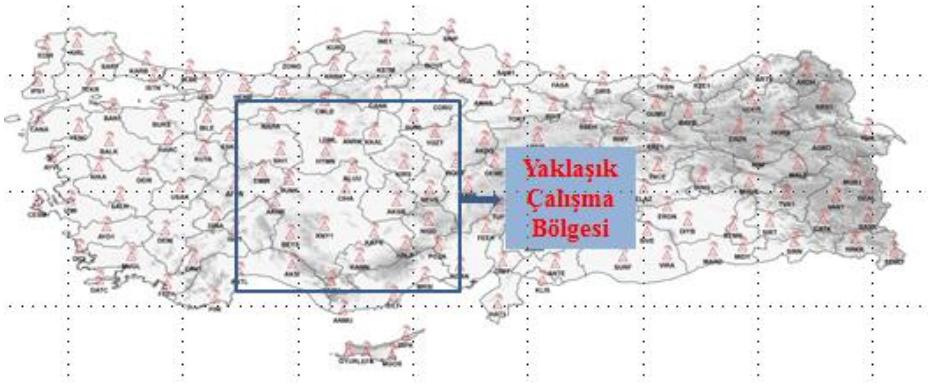
Şekil 5.22. VIP'de indirilen ve indirilemeyen veri ekranı

6. UYGULAMA

Çalışma kapsamında İç Anadolu Bölgesinde bulunan TUSAGA-Aktif istasyonlarının 2009-2015 yılları arasında, ilk gün 16 Ocak 2009 Cuma günü, her haftadan bir gün seçilerek GNSS verileri temin edilmiş, verilerin değerlendirilmesi Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ile yapılmıştır. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ile yapılan degerlendirme aşamasında, her ne kadar yüksek dereceden iyonosferik düzeltme (HOI: Higher order ionospheric) uygulanmış olsada, sonuçların herhangi bir iyonosferik fırtınadan etkilenmemesi amacıyla, çözüm yapılacak günler seçilirken, jeomanyetik fırtına (kp), jeomanyetik aktivite (dst) ve güneş aktivite (F10.7) indis değerleri incelenmiştir. İlgili günde herhangi bir fırtına olması durumunda değerlendirme günü fırtınasız olan bir önceki ya da bir sonraki gün olarak seçilmiştir. Değerlendirme işleminin ardından bu verilerdeki mevcut gürültü bileşenlerinin ayrıştırılması yapılmıştır. Gürültü bileşenlerinin tipi ve büyüklüğü ortaya konulduktan sonra bu bileşenlerden ayrıştırılmış hız bileşenleri belirlenmiştir.

6.1. Çalışma Alanının Tanıtılması

Türkiye'de son yıllarda bazı kurum ve kuruluşlar tarafından tesis edilen ve sürekli ölçü toplayan birçok GNSS ağı mevcuttur. Bu ağların büyük bir çoğunluğu bölgesel ağlardır. Hem anlık olarak hem de post-process ile nokta konumlamaya imkan veren TUSAGA-Aktif Ağı tüm ülkeyi kapsayan ulusal bir ağdır. Bu kapsamda çalışma alanı olarak 1 / 250 000 ölçekli 9 adet paftanın kapladığı ~166000 km^2'lik alan olan Orta Anadolu Bölgesi seçilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 TUSAGA-Aktif ağı ve çalışma bölgesi

6.1.1. IGS istasyonlarının seçimi

Çalışmada nokta hızları belirlenecek ve bu hızlara etki eden WN ve CN bileşenleri ayıklanacak ve referans noktalarına dayalı olarak belirlenecek test noktalarının hızları plaka hareketlerinin etkilerine göre belirlenecektir. Referans noktalarının farklı plakalarda olması, bu plakaların birbirlerine olan itici etkilerinin de gürültü olarak ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir (Aktuğ ve ark., 2011). Bu nedenle, çalışma da kullanılan referans noktalarının, test noktaları ile aynı tektonik plaka üzerinde olmasına dikkat edilmiştir ve IGS noktaları Avrasya plakasında seçilmiştir (Şekil 6.2-Çizelge 6.1).



Şekil 6.2 Kullanılan IGS istasyonları

Çizelge 6.1. IGS noktalarının yaklaşık konum bilgileri

No	Ülke	Kısa adı	Enlem (º)	Boylam (º)
1	Türkiye	ANKR	39.8875	32.7583
2	Avusturya	GRAZ	47.0669	15.4933
3	İtalya	MATE	40.6489	16.7044
4	Finlandiya	METS	60.2175	24.3953
5	İtalya	NOT1	36.8758	14.9897
6	İsveç	ONSA	57.3953	11.9253
7	Almanya	POTS	52.3792	13.0658
8	Rusya	SVTL	60.5328	29.7808
9	İspanya	VILL	40.4433	-3.9519
10	Rusya	ZECK	43.7883	41.5650
11	İsviçre	ZIMM	46.8769	7.4650

6.1.2. TUSAGA-Aktif istasyonlarının seçimi

Çalışma alanı olarak seçilen Orta Anadolu bölgesinde 22 adet TUSAGA-Aktif istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonların bilgileri Çizelge 6.2' de verilmiştir.

Çizelge 6.2. TUSAGA-Aktif istasyonları yaklaşık koordinatları ve yerleri

No	İl/İlçe	Kısa Adı	ENLEM (º)	Boylam (º)	Açıklama
1	Adana/Yüregir	ADAN	37.0040	35.3434	DMİ
2	Yozgat/Akdagmadeni	AKDG	39.6500	35.8700	MYO
3	Aksaray/Merkez	AKSR	38.3745	34.0224	DMİ
4	Ankara/Merkez	ANRK	39.9088	32.8467	TKGM
5	Konya/Beyşehir	BEYS	37.6700	31.7200	DMİ
6	Konya/Cihanbeyli	CIHA	38.6559	32.9309	DMİ
7	Adana/Feke	FEEK	37.8146	35.9135	TKGM
8	Konya/Halkapınar	HALP	37.4339	34.1881	TKGM
9	Ankara/Haymana	HYMN	39.4382	32.4950	TKGM
10	Karaman/Merkez	KAMN	37.1801	33.2215	DMİ
11	Konya/Karapınar	KAPN	37.7157	33.5494	DMİ
12	Kayseri/ Merkez	KAYS	38.7084	35.5245	DMİ
13	Kırşehir/Merkez	KIRS	39.1642	34.1555	DMI
14	Kırıkkale/Merkez	KKAL	39.8433	33.5179	DMİ
15	Konya/Selçuklu	KNYA	38.0108	32.5117	S.Ü.
16	Nevşehir/Merkez	NEVS	38.6895	35.4991	DMİ
17	Niğde/Merkez	NIGD	37.9718	34.6775	DMİ
18	Adana/Pozantı	POZA	37.4246	34.8685	TKGM
19	Eskişehir/Sivrihisar	SIHI	39.4487	31.5353	DMİ
20	Yozgat/Merkez	YOZT	39.8242	34.8159	DMİ
21	Konya/Yunak	YUNK	33.519S	31.7275	DMİ
22	Konya/Yunak	YUNK	33.519S	31.7275	DMİ

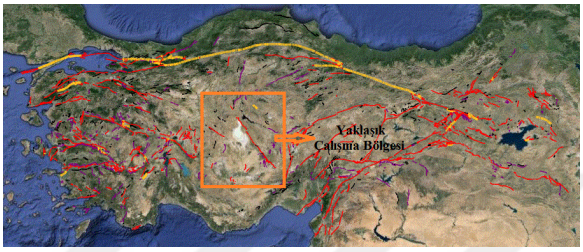
Yaklaşık konum ve koordinat bilgileri verilen istasyonlar analiz için kullanılmıştır. Yalnız bu istasyonlardan KNYA, SIHI, YOZT istasyonları zaman içerisinde değişmiş KNY1, SIH1 ve YOZ1 olarak isimlendirilmişlerdir. Daha sonra ise bu istasyonlar yeni nokta olarak analizlere dâhil edilmiştir. Seçilen noktalardan 17 tanesi DMİ (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 3 tanesi MYO (Meslek Yüksek Okulu), 5 tanesi TKGM (Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü) arazisinde tesis edilen noktalardır.

Çalışma bölgesinde seçilen noktaların büyük bir çoğunluğu daha önce sağlamlığı test edilen ve herhangi bir hareket beklentisi olmayan küçük katlı devlet dairelerinin

çatısına yerleştirilmiştir. Seçilen noktalardan zemin tesisi olanların ise tam olarak ana kaya olarak nitelendiremeyeceğimiz kayalar üzerine tesis edilmiş olması da, bu noktaları bina üzerlerine tesis edilen noktalardan farklı kılmamaktadır.

Çalışma bölgesinde bulunan illerde karasal iklim koşulları bulunmaktadır. Ayrıca bu illerde bitki örtüsü genellikle çalılık ve otlaklardan oluşmaktadır.

Çalışma bölgesinde tuz gölü ve çevresinden geçen fayla birlikte bölge içerisinde irili ufaklı birçok aktif fay hattı bulunmaktadır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Çalışma bölgesi ve Türkiye aktif fay hatları

6.2. Verilerin Temin edilmesi

Çözüm için IGS ham verileri, TUSAGA-Aktif verileri ve Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı verileri ilgili internet sitelerinden indirilmiştir. Çalışmada kullanılan IGS istasyonlarına ait veriler hazırlanan VİP programı yardımıyla, TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait veriler ise manuel olarak indirilmiştir. Bernese v5.2 Bilimsel GNNS yazılımı için gerekli olan verilerin bir kısmı VİP programı ile ilgili internet sitelerin indirilmiş, bir kısmı ise manuel olarak kullanıcı tarafından oluşturulmuştur (Çizelge 6.3).

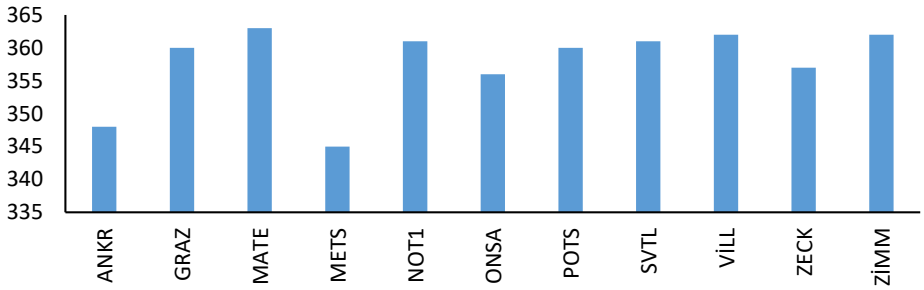
Çizelge 6.3 Temin edilen veriler

Yöntem / İndirilecek veri	Otomatik	Manuel
IGS ham verileri	+	-
TUSAGA-Aktif ham veriler	-	+
Bernese v5.2 Bilimsel GNSS verileri	+	+

VIP ile indirilen veriler, kullanılan kişisel bilgisayarın (PC) çalışma hızına, internet bağlantısının kalitesine bağlı olarak değişmektedir.

6.2.1. IGS verilerinin temin edilmesi

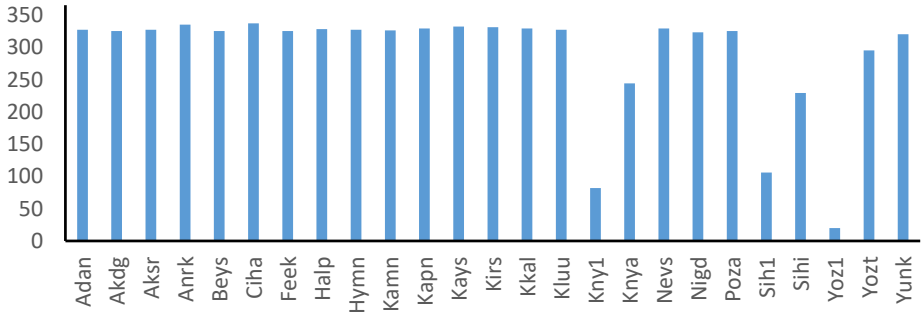
Test kapsamında kullanılacak olan IGS istasyonlarının verileri VİP aracılığıyla ilgili internet sitesinden temin edilmiştir. Temin edilen IGS istasyonları verileri, ham veri toplamada yaşanan aksaklıklardan dolayı bazı günlerde bulunmamaktadır. Bu kapsamda seçilen verilerin uzunlukları Şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4 IGS isyasyonları veri uzunluğu

6.2.2. TUSAGA-Aktif verilerinin temin edilmesi

Çalışma bölgesinde kalan TUSAGA-Aktif istasyonlarının ham verileri TUSAGA-Aktif web sayfasından temin edilmiştir. temin edilen veriler indirilirken Yıl, Ay ve ayın günü bilgileri ile ilgili istasyonların 4 karakterli kısaltmaları kullanılarak temin edilmiştir. IGS noktalarına benzer şekilde TUSAGA-Aktif istayonlarınında seçilen zaman dilimleri arasında eksik verileri bulunmaktadır. TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait veri uzunlukları Şekil 6.5 de verilmiştir.



Şekil 6.5 TUSAGA-Aktif istasyonları veri uzunluğu

6.2.3. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı için verilerin temin edilmesi

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında final koordinatlarını elde etmek için kullanılan RNX2SNX.PCF'nin çalıştırılabilmesi için DATAPOOL dizininde bulunan bazı alt dizinlerin hem internet aracılığıyla hem de kullanıcı tarafından manuel olarak doldurulması gerekmektedir (Çizelge 6.4). Bu kapsamda internet aracılığıyla indirilip ilgili alt dizine kopyalama işlemi VİP programı sayesinde gerçekleştiğinden bu aşamada başka bir işlem yapmaya gerek kalmamıştır. Fakat manuel olarak doldurulması gereken (ABB, ATL, BLQ, CLU, CRD, PLD, STA, VEL) alt dosyalar hazırlanmıştır.

Çizelge 6.4 Bernese v5.2 Bilimsel yazılımı için gerekli dosyalar ve indirilme yöntemi

Yöntem / Veriler	VIP	Manuel
IGS verileri	+	-
Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı için gerekli dosyalar	+	-
TUSAGA-Aktif verileri	-	+
ABB, ATL, BLQ, CLU, CRD, PLD, STA, VEL	-	+

6.2.3.1. Veri indirme programı ile verilerin temin edilmesi

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında değerlendirme işlemlerine başlayabilmek için Bölüm 4.1 de anlatılan dosyaların indirilmesi gerekli ve dosyalara kopyalanması gerekmektedir. İndirilmesi gereken dosyalar VİP yardımıyla temin edilmiş ve ilgili dosyalara gene VİP aracılığıyla kopyalanmıştır.

6.2.3.2. Kullanıcı tarafından oluşturulan verilerin temin edilmesi

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı için kullanıcı tarafında çözümlere ait olacak şekilde hazırlanması gereken dosyalar her bir çözüme ilişkin olarak hazırlanmalıdır. Kullanıcı tarafından hazırlanacak veriler Çizelge 6.4'de verilmiştir.

ABB dosyaları hazırlanırken istasyon ismi 4 ve 2 karakterli nokta no (NN)'si gerekmektedir. Bu kapsamda ilgili noktaların bilgileri girilerek oluşturulmuştur (Şekil 6.6)

```
Station name            4-ID    2-ID    Remark
****************        ****     **     ************************************
ADAN ADAN               ADAN     AD     Added by SR updabb
AKDG AKDG               AKDG     AK     Added by SR updabb
AKSI AKSI               AKSI     AS     Added by SR updabb
AKSR AKSR               AKSR     AR     Added by SR updabb
ANKR 20805M002          ANKR     A1     Added by SR updabb
ANRK ANRK               ANRK     AN     Added by SR updabb
```

Şekil 6.6 ABB dosyasına örnek

ATL dosyası atmosferik gelgit katsayılarının olduğu dosyadır ve bu katsayılar Bernese v5.2 Bilimsel GNSS programından (Service>>Coordinate tools>>Extract atmospheric tidal loading coefficients) koordinat dosyasının tanıtılması ile elde edilmektedir. Kullanıcı tarafından hazırlanan koordinat dosyası yazılıma tanıtılarak ilgili dosya elde edilmiştir (Şekil 6.7).

```
$$ Atmospheric Tidal loading displacememt
$$
$$ calculated using grdinterp.f (t. van Dam)
$$
$$ calculated using atmospheric tidal model Ray and
$$ Ponte, Annales Geophysicae (2003) v21; 1897-1910
$$ Farrell elastic Greens functions have been used
$$
$$ Displacement is defined positive up, north
$$ and east directions
$$
```

Şekil 6.7 ATL dosyasına örnek

BLQ dosyası okyanus yüklemesini içeren dosyadır ve Anonim11 (2018)internet sitesine noktaların kartezyen koordinatlarının yüklenmesi ile elde edilmektedir. İlgili noktaların kartezyen koordinatları girilerek gerekli katsayılar elde edilmiştir (Şekil 6.8).

```
$$ Ocean loading displacement
$$
$$ Calculated on holt using olfg/olmpp of H.-G. Scherneck
$$
$$ COLUMN ORDER:  M2  S2  N2  K2  K1  O1  P1  Q1  MF  MM SSA
$$
$$ ROW ORDER:
$$ AMPLITUDES (m)
$$   RADIAL
$$   TANGENTL    EW
$$   TANGENTL    NS
$$ PHASES (degrees)
$$   RADIAL
$$   TANGENTL    EW
$$   TANGENTL    NS
$$
```

Şekil 6.8 BLQ dosyasına örnek

CLU dosyası ise çözümde kullanılacak ortak noktaları ifade etmektedir (Şekil 6.9).

```
STATION NAME      CLU
****************  ***
ADAN ADAN           1
AKDG AKDG           1
AKSI AKSI           1
AKSR AKSR           1
ANKR 20805M002      1
ANRK ANRK           1
```

Şekil 6.9 CLU dosyasına örnek

CRD dosyası ise kullanılacak noktaların kartezyen koordinatlarını içeren dosyadır. Kartezyen koordinatlar ise alıcıdan bağımsız veri değişim formatı (RINEX) verilerinden çekilerek oluşturulmuştur (Şekil 6.10).

```
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08             EPOCH: 2005-01-01 00:00:00

NUM  STATION NAME           X (M)          Y (M)          Z (M)     FLAG

  1  ADAN ADAN         4159895.21360  2950137.39260  3817739.72460
  2  AKDG AKDG         3985177.07010  2881782.35540  4049905.31060
  3  AKSI AKSI         4333132.53920  2685347.08050  3822339.97040
  4  AKSR AKSR         4151746.03720  2800192.93640  3938383.96150
  5  ANKR 20805M002    4121948.52400  2652187.90210  4069023.75860    IGS08
  6  ANRK ANRK         4119925.65220  2659815.33770  4066510.60690
```

Şekil 6.10 CRD dosyasına örnek

PLD dosyası ise noktaların bulundukları plakaları ifade etmektedir. Bu kapsamda bu bilgiler ilgili istasyon bilgi dosyaları ve bulundukları plakalar dikkate alınarak oluşturulmuştur (Şekil 6.11).

```
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08

NUM  STATION NAME           VX (M/Y)       VY (M/Y)       VZ (M/Y)  FLAG   PLATE

  1  ADAN ADAN                                                        EURA
  2  AKDG AKDG                                                        EURA
  3  AKSI AKSI                                                        EURA
  4  AKSR AKSR                                                        EURA
  5  ANKR 20805M002                                                   EURA
  6  ANRK ANRK                                                        EURA
```

Şekil 6.11 PLD dosyasına örnek

STA dosyası ise çözüm için gerekli olan ve istasyon bilgilerini içeren dosyadır. Bu dosyada ilgili istasyonların alıcı ve anten bilgileri, anten yükseklikleri gibi bilgiler bulunmaktadır. Bu dosyanın doldurulmasına dikkat edilmelidir. Örneğin gereksiz bırakılabilecek bir boşluk bile çözümü etkilemektedir. STA dosyası oluşturulurken IGS istasyonları için istasyon bilgi dosyaları (log) ve TUSAGA-Aktif istasyonları içinde ilgili RINEX dosyası dikkate alınmıştır (Şekil 6.12).

```
FORMAT VERSION: 1.01
TECHNIQUE:      GNSS

TYPE 001: RENAMING OF STATIONS
------------------------------

STATION NAME          FLG          FROM                   TO          OLD STATION NAME      REMARK
****************      ***  YYYY MM DD HH MM SS  YYYY MM DD HH MM SS  ********************  ************************
ADAN ADAN             001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  ADAN*
AKDG AKDG             001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  AKDG*
AKSI AKSI             001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  AKSI*
AKSR AKSR             001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  AKSR*
ANKR 20805M002        001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  ANKR*
ANRK ANRK             001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  ANRK*
```

Şekil 6.12 STA dosyasına örnek

VEL dosyası ise noktaların güncel hızlarını içeren dosyalardır. IGS noktaları için bu hızlar IGS08_VEL dosyasından temin edilmiştir. TUSAGA-Aktif istasyonları içinde TKGM tarafından verilen güncel hızlardan yararlanılmıştır (Şekil 6.13).

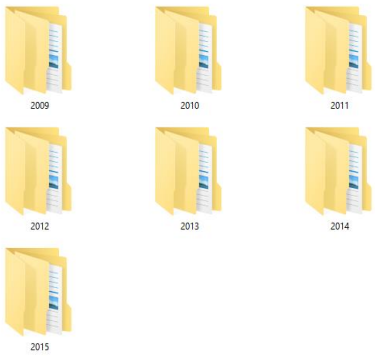
```
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08

NUM  STATION NAME          VX (M/Y)       VY (M/Y)       VZ (M/Y)  FLAG   PLATE

  1  ADAN ADAN             -0.01020        0.00920        0.00290    G08  EURA
  2  AKDG AKDG             -0.01260       -0.00150        0.01150    G08  EURA
  3  AKSI AKSI             -0.01300        0.00710        0.00300    G08  EURA
  4  AKSR AKSR             -0.01400       -0.00090        0.00790    G08  EURA
  5  ANKR 20805M002        -0.00780       -0.00360        0.00850    G08  EURA
  6  ANRK ANRK             -0.00770       -0.00100        0.00770    G08  EURA
```

Şekil 6.13 VEL dosyasına örnek

Hem VİP programı ile temin edilen veriler hem de kullanıcı tarafında temin edilen verilerin depolanmasının kolay olması amacıyla yıl bazında saklanmıştır. Toplanan verilerin mevcut olduğu dosyalar Şekil 6.14'de gösterilmiştir.



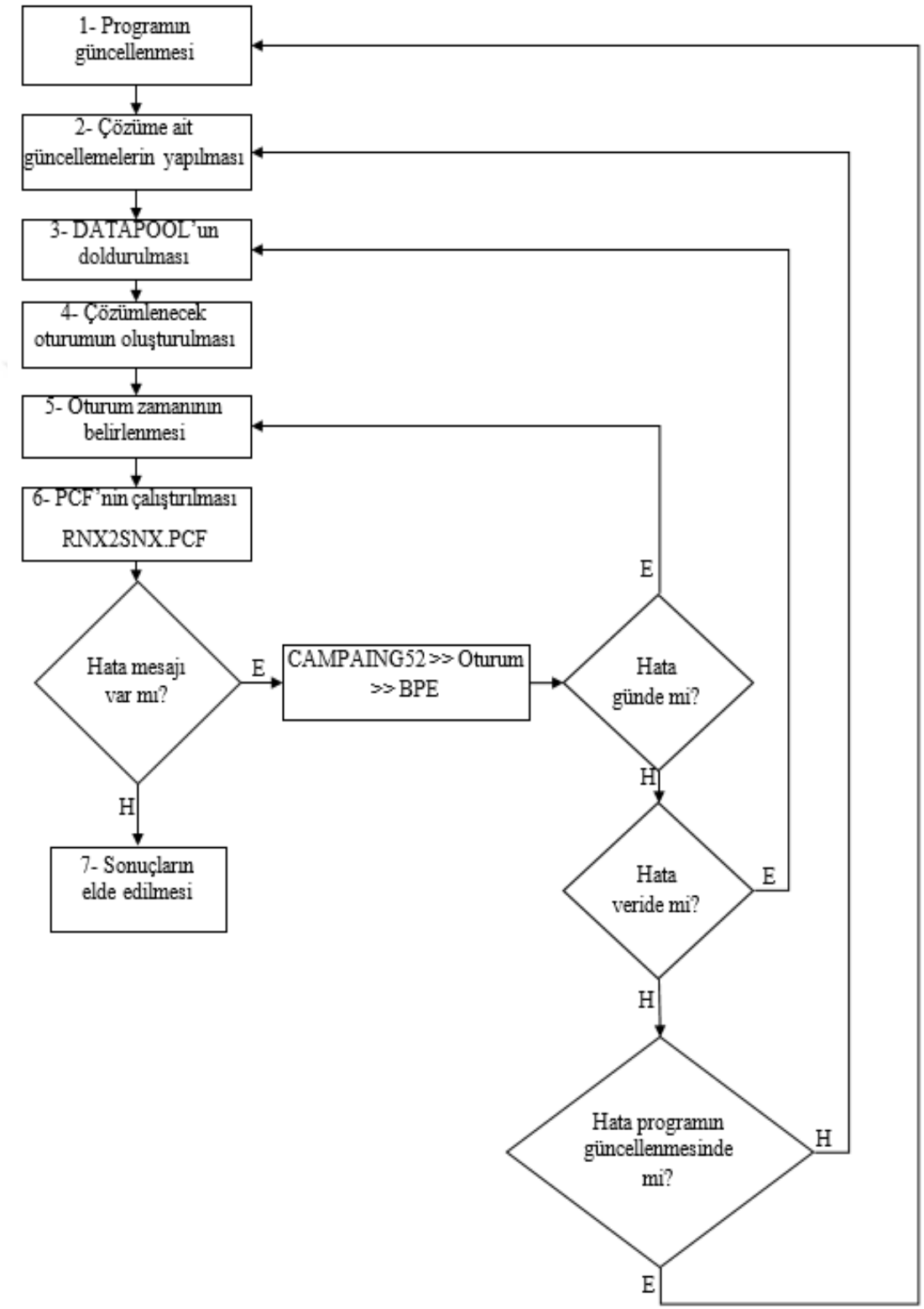
Şekil 6.14 Yıllık olarak temin edilen verilerin göstermi

6.3. Verilerin Analizi

GNSS verilerinin Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ile değerlendirmede farklı stratejiler kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında noktalarının koordinat ve hızlarının belirlenmesi amaçlandığıdan dolayı final koordinatlar elde edilmiştir. Final koordinat elde edilirken de RNX2SNX.PCF otomatik çözüm modülü kullanılmıştır. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımında RNX2SNX.PCF otomatik çözüm modülü Windows işletim sisteminde çalıştırılmıştır. Değerlendirme stratejisi aşağıdaki gibi seçilmiştir.

- IGS hassas yörünge (sp3) ve USNO_Bull_A yer dönüklük parametresi (EOP)
- 11 Adet IGS istasyonu
- Referans frame : ITRF 2008
- Okyanus yükleme etkisi : FES2004
- Radyasyon-basınç etkileri :9 parametreli Bern modeli
- Zenit gecikmesi : Saastamoinen Troposfer modeli (2 saatlik, PWL)
- Kuru/ıslak atmosfer için : GMF indirgeme fonksiyonu
- Öncül Troposfer : Global Basınç ve sıcaklık modeli (GPT)
- İyonosferden bağımsız : LC(L1, L2) doğrusal kombinasyonu
- Anten faz merkesi : Mutlak ve Azumut+Yüksekliğe bağlı model
- Faz belirsizliği : Ambiguity-fixed ve gevşek zorlamalı (Loose) glx
- Atmosferik yükleme etkisi :nokta koordinatları ve Anonim10 (2018) tarafından oluşturulan atmosferik gelgit modeli katsayıları kullanılarak hesaplanan model kullanılmaktadır.

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının RNX2SNX.PCF otomatik çözüm modülü için iş akış diyagramı Şekil 6.15'de verilmiştir.



Şekil 6.15 RNX2SNX.PCF iş akış diyagramı

İş akış diyagramı incelendiğinde ilk olarak program çalışmaya başlamadan önce zaman zaman Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü tarafından yayımlanan güncellemelerin yapılmasının gerekli olduğu ifade edilmiştir. Daha sonra kullanıcı tarafından çözüm yapılacak oturuma ilişkin güncellemeler yapılmalıdır (yıla ilişkin dosyalar, .CRX uzantılı uydu dosyalar vb.). Tüm güncellemeler yapıldıktan sonra VİP ile indirilen ve DATAPOOL klasörüne kopyalanan veriler için oturum başlatılması ve oturumun zamanının belirlenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda ortak bir dil kullanılması için her bir oturum özel olarak isimlendirilmiştir. Oturum isimlendirmesi yapılırken yapılan çözümlerin tezle ilgili olduğunu belirlemek için TZ kısaltması, yılla ilişkisini ortaya koyabilmek için rakam olarak yılın son iki hanesi ve oturum günüyle ilişkiyi ortaya koymak içinde yılın günü kullanılmıştır. Örneğin, 23.01.2010 günündeki oturum çözümlenirken, oturum ismi olarak TZ10023 seçilmiştir. Yapılan çalışmada, her haftadan bir gün ve toplam 7 yıllık bir zaman dilimi seçildiğinden dolayı toplamda 7*52=364 adet oturum çözümlenmiştir. Oturumların çözümlenme süreleri, kullanılan bilgisayara bağlı olarak değişmektedir. Tez kapsamında temin edilen Workstation PC ile çözümler gerçekleştirilmiştir. Her bir oturum ortalama 20 dakika da gerçekleşmiştir. Buda tüm verilerin sadece değerlendirilmesinin ~7280 dakika sürmesine neden olmuştur. Ayrıca VİP programı ile veri indirme süresini de ortalama 15 dakika olduğu, kullanıcı tarafından elle hazırlanacak dosyalarda ortalama 20 dakika da oluşturulduğu düşünülürse her bir oturumun değerlendirilmesi ~ 55 dakikalık bir süre almıştır.

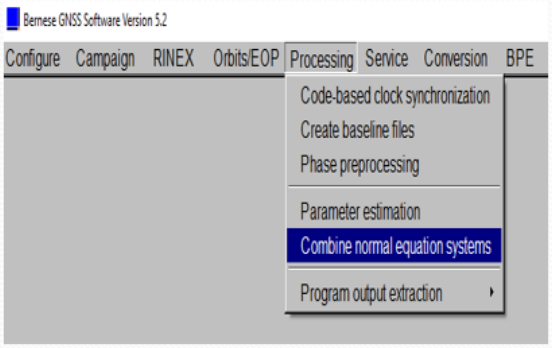
Çözüm yapılan günlerin kısa bir gösterimi Şekil 6.16'da gösterilmiştir.

	A	B	C	D	E	
1	year	doy	GPS w	GPS d	IGS	CORS
2	16/01/2009	16	1514	5	+	+
3	23/01/2009	23	1515	5	+	+
4	30/01/2009	30	1516	5	+	+
5	06/02/2009	37	1517	5	+	+
6	13/02/2009	44	1518	5	+	+
7	20/02/2009	51	1519	5	+	+
8	27/02/2009	58	1520	5	+	+
9	06/03/2009	65	1521	5	+	+
10	13/03/2009	72	1522	5	+	+
11	20/03/2009	79	1523	5	+	+
12	27/03/2009	86	1524	5	+	+
13	03/04/2009	93	1525	5	+	+
14	10/04/2009	100	1526	5	+	+
15	17/04/2009	107	1527	5	+	+
16	24/04/2009	114	1528	5	+	+
17	01/05/2009	121	1529	5	+	+
18	08/05/2009	128	1530	5	+	+
19	15/05/2009	135	1531	5	+	+

Şekil 6.16 Çözüm yapılan günlerin kısa gösterimi

6.3.1. Güncel nokta koordinat ve hızlarının belirlenmesi

Çalışma kapsamında 2009-2015 yılları için çözümü gerçekleştirilen ~350 adet oturumun birleştirilerek 2005.00 ölçü epoğunda güncel koordinat ve hız bileşenlerini elde etmek için her bir oturumda elde edilen küçültülmüş ölçü eşitlikleri ilk olarak gerçekleştirilen oturumda SOL dizini altında toplanmıştır. Bernese v5.2 yazılımında **Processing >> Combine normal equation systems** komutu ile çözümlere ait NEQ'lar kullanılarak noktaların istenilen epokta koordinat ve hızları elde edilmiştir(Şekil 6.17).



Şekil 6.17 Küçültülmüş ölçü eşitliklerinin birleştirilmesi için kullanılan komut ekranı

Küçültülmüş ölçü eşitlikleri birleştirildikten sonra 2005.00 ölçü epoğunda belirlenen nokta koordinatları Çizelge 6.5'de,

Çizelge 6.5 2005.00 ölçü epoğunda güncel koordinatlar(m)

NN	X	Y	Z
ADAN	4159895.2077	2950137.3833	3817739.7430
AKDG	3985177.0540	2881782.3450	4049905.3464
AKSR	4151746.0182	2800192.9267	3938383.9979
ANRK	4119925.6396	2659815.3325	4066510.6490
BEYS	4298980.5963	2659931.9908	3877883.3011
CIHA	4187342.4687	2711236.6994	3962713.1772
FEEK	4086437.8751	2959427.7148	3889620.7353
HALP	4195041.3106	2849168.0848	3857488.1417
HYMN	4161311.8683	2650610.4494	4030510.1733
KAMN	4256387.8487	2787453.4471	3835136.5043
KAPN	4212053.5414	2790745.0052	3881074.8046
KAYS	4056743.6120	2896260.9866	3967817.8205
KIRS	4098385.5873	2780607.9171	4007175.4552
KKAL	4088935.9516	2708243.4591	4065148.1044
KLUU	4155559.1804	2705396.6781	3999801.2278
KNYA	4243584.8949	2704006.7159	3908123.9335
NEVS	4103186.1825	2841492.9231	3959954.4475
NIGD	4141537.5816	2865538.0603	3902607.0483
POZA	4161506.6781	2900048.2794	3855204.6398
SIHI	4204426.8330	2580039.6951	4031324.3893
YOZT	4028005.9893	2801198.4161	4063858.1739
YUNK	4233095.3744	2617095.5841	3977555.5771

ve hız bileşenleri Çizelge 6.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 2005.00 ölçü epoğunda güncel hızlar(m)

NN	V_X	V_Y	V_Z
ADAN	-0.0132	0.0086	0.0103
AKDG	-0.0128	-0.0020	0.0143
AKSR	-0.0139	-0.0014	0.0109
ANRK	-0.0083	-0.0018	0.0100
BEYS	-0.0098	0.0037	0.0074
CIHA	-0.0107	0.0001	0.0099
FEEK	-0.0166	0.0025	0.0145
HALP	-0.0147	0.0039	0.0135
HYMN	-0.0087	-0.0007	0.0079
KAMN	-0.0222	-0.0010	0.0052
KAPN	-0.0198	0.0008	0.0100
KAYS	-0.0149	0.0002	0.0134
KIRS	-0.0112	-0.0010	0.0113
KKAL	-0.0102	-0.0009	0.0113
KLUU	-0.0096	0.0004	0.0109
KNYA	-0.0099	0.0025	0.0100
NEVS	-0.0128	0.0005	0.0136
NIGD	-0.0139	0.0023	0.0137
POZA	-0.0140	0.0047	0.0145
SIHI	-0.0051	0.0097	0.0382
YOZT	-0.0112	-0.0015	0.0127
YUNK	-0.0075	-0.0004	0.0069

6.3.2. Gürültü modellerinin belirlenmesi

GNSS ölçülerini değerlendirilmesi sonucunda oturumlardan elde edilen nokta koordinatları ve karesel ortalama hatalar (koh) kullanılarak gürültü modellerinin belirlenmesi aşamasına geçilmiştir.

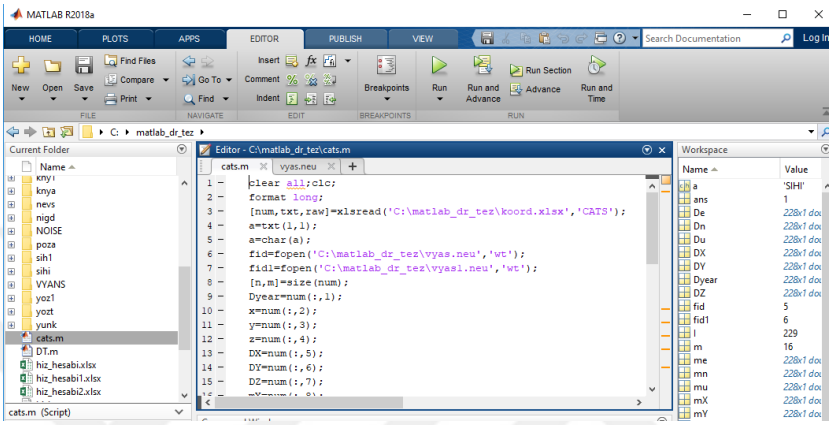
Değerlendirmede her bir çözüm için Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımının F1_YY0DOY.OUT dosyası kullanılarak çözüm sonucu elde edilen koordinatlar, koordinat farkları ve koh lardan yararlanılarak görültü ayıklaması yapılmıştır. F1_YY0DOY.OUT dosyasında, YY yılın son iki hanesini, DOY ise yılın gününü ve .OUT uzantısı ise çıktı dosyasını ifade etmektedir. Örneğin, 23.01.2010 oturumu için F1_100023.OUT dosyası kullanılmıştır. Örnek olarak ADAN istasyonunun sonuçlarına ilişkin elde edilen değerler Çizelge 6.7'de verilmektedir.

Çizelge 6.7 ADAN istasyonu için haftalık çözümlerden elde edilen koordinatlar ve ortalama hataları (m)

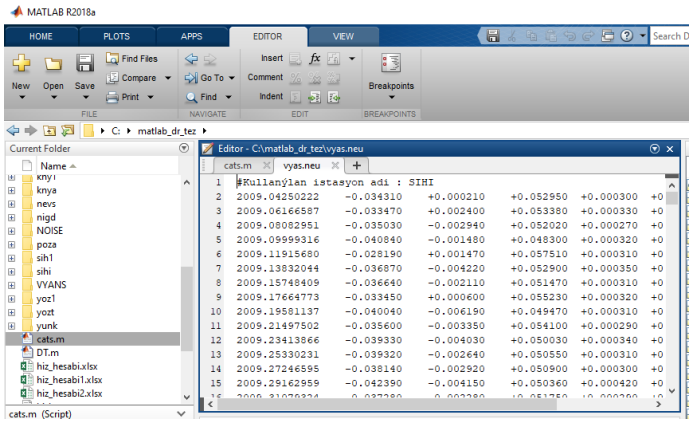
Tarih	NN	Kestirilen koordinatlar			ΔX	ΔY	ΔZ	rms_X	rms_Y	rms_Z
		X	Y	Z						
16.01.2009	ADAN	4159895.1613	2950137.4202	3817739.7858	-0.01113	-0.00958	0.04951	0.00032	0.00023	0.0003
23.01.2009	ADAN	4159895.1573	2950137.4211	3817739.7821	-0.01494	-0.00882	0.04577	0.00034	0.00025	0.00031
30.01.2009	ADAN	4159895.1571	2950137.4139	3817739.7825	-0.01486	-0.01624	0.04603	0.00031	0.00023	0.00028
06.02.2009	ADAN	4159895.1558	2950137.4208	3817739.7823	-0.01597	-0.00949	0.04582	0.00035	0.00026	0.00032
13.02.2009	ADAN	4159895.1585	2950137.4187	3817739.7868	-0.01307	-0.01177	0.05027	0.00045	0.00034	0.00042
20.02.2009	ADAN	4159895.1550	2950137.4173	3817739.7850	-0.01638	-0.01338	0.04843	0.00037	0.00027	0.00034
27.02.2009	ADAN	4159895.1543	2950137.4208	3817739.7839	-0.01693	-0.01005	0.04723	0.00031	0.00023	0.00029
06.03.2009	ADAN	4159895.1575	2950137.4274	3817739.7864	-0.01348	-0.0036	0.04964	0.00032	0.00024	0.00030
13.03.2009	ADAN	4159895.1534	2950137.4240	3817739.7877	-0.01742	-0.0072	0.05093	0.00035	0.00025	0.00033
20.03.2009	ADAN	4159895.1552	2950137.4281	3817739.7904	-0.01539	-0.00326	0.05359	0.00031	0.00023	0.00029
27.03.2009	ADAN	4159895.1452	2950137.4293	3817739.7871	-0.02526	-0.00228	0.05025	0.0003	0.00022	0.00028
03.04.2009	ADAN	4159895.1477	2950137.4400	3817739.7947	-0.02257	0.00825	0.05778	0.00035	0.00026	0.00032
10.04.2009	ADAN	4159895.1395	2950137.4404	3817739.7937	-0.03053	0.00846	0.05668	0.00031	0.00022	0.00029
17.04.2009	ADAN	4159895.1382	2950137.4408	3817739.7950	-0.03164	0.00877	0.05797	0.00034	0.00025	0.00031
24.04.2009	ADAN	4159895.1403	2950137.4408	3817739.7942	-0.02934	0.00856	0.05705	0.00035	0.00026	0.00033
01.05.2009	ADAN	4159895.1449	2950137.4449	3817739.8023	-0.02456	0.01248	0.06515	0.00032	0.00024	0.00030

Tüm çözümler birleştirildikten sonra kaba hata ayıklaması $3 * \sigma$ kuralına göre yapılmıştır. Bu amaçla MATLAB programlama dili kullanılarak hazırlanan DT.m komut dosyası kullanılarak kaba hata ayıklaması yapılmıştır.

Kaba hata analizinden sonra MATLAB programı yardımıyla CATS için girdi dosyaları hazırlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan program ve çıktı dosyası sırasıyla Şekil 6.18-6.19'da verilmektedir.



Şekil 6.18 cats.m komut dosyasından bir ekran görüntüsü



Şekil 6.19 cats.m komut dosyasının çalıştırılması sonucunda elde edilen çıktı dosyası

Mevcut verilerin her 3 koordinat bileşeninde de (X, Y, Z) en uygun gürültü modeli CATS yazılımı ile incelenmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde GNSS ölçülerini en çok WN, WN+RWN ve WN+FN un etkilediği belirtildiğinden, bu çalışmada bu üç gürültü modelinin kombinasyonu üzerinde durulmuştur. Bu üç gürültü türünden

hangisinin, hangi veride var olup olmadığını belirlemek için seçilen 22 (+3) TUSAGA-Aktif istasyonunun analizi gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak, aşağıda ADAN istasyonunun analizinde kullanılan komutlar verilmektedir.

WN için;

cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output ADAN_wn.out ADAN.neu

WN+ FN için;

cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output ADAN_wn_fn.out ADAN.neu

WN+ RWN için;

cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output ADAN_wn_rwn.out ADAN.neu

komutları kullanılmıştır. Burada, cats programın ismini, --sinusoid 1y1 ile de yıllık analiz gerçekleştirildiğinden yıllık döngü hesaba katıldığını, --model wh: WN genliği, --model wh: --model pl:k-1 WN + FN genliğini, –model wh: --model pl:k-2 ise WN + RWN genliğini bulmak için kullanılmıştır. --verbose sonuçları ekrana yazdırmamak için, --output komutu ise sonuçları dosyaya yazdırmak için kullanılan komutlardır. Çıktı dosyasında hangi gürültü için analiz yapıldığını göstermesi amacıyla da ADN istasyonunun sonuna wh, wh_fn ve wh_rwn .out seçenekleri, girdi dosyası olarak her bir istasyona ait istasyon ismi ile özdeş, bu örnekte ADAN istasyonu için ADAN.neu eklenmiştir. Bu program da girdi dosyaları kartezyen sisteminde (X, Y, Z) olup sonuç ürünleri ise toposentrik (n, e, u) sistemdedir.

CATS yazılımı kullanılarak 3 koordinat bileşeni yönünde de en uygun gürültü bileşenleri ilgili komutlar yardımıyla elde edilmiştir. Yapılan değerlerlendirmeler sonucu her üç koodinat bileşeni yönünde de en uygun gürültü modeli 3 koordinat bileşeni için sırasıyla Çizelge 6.8-6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.8 Kuzey Bileşeni (n) için MLE değerleri

NN	WN	WN+ FN	WN+RWN
ADAN	-1300.793	-916.332	**-742.555**
AKDG	-638.452	-604.453	**-603.504**
AKSR	-678.468	**-536.118**	-537.456
ANRK	-669.432	**-575.756**	-578.615
BEYS	-691.250	-606.722	**-605.538**
CIHA	-716.100	-665.514	**-663.033**
FEEK	-706.218	**-629.540**	-635.824
HALP	-879.372	-837.728	**-836.292**
HYMN	-627.252	**-612.505**	-613.168
KAMN	-654.460	**-620.206**	-621.618
KAPN	-1116.497	-769.154	**-684.116**
KAYS	-693.015	**-655.637**	-656.411
KIRS	-606.575	**-585.362**	-588.103
KKAL	-715.809	-598.377	**-594.851**
KLUU	-611.075	-556.098	**-555.953**
KNY1	-135.103	-135.103	-135.103
KNYA	-440.219	**-424.046**	-742.555
NEVS	-621.128	**-579.354**	-581.093
NIGD	-616.634	**-561.382**	-563.766
POZA	-754.537	**-716.201**	-717.682
SIH1	-179.828	-179.222	-179.828
SIHI	-388.841	**-373.691**	-374.996
YOZ1	-37.355	-37.355	-37.355
YOZT	-597.473	**-571.447**	-576.560
YUNK	-646.099	-600.131	**-598.113**

Çizelge 6.9 Doğu bileşeni (e) için MLE değerleri

NN	WN	WN+FN	WN+RWN
ADAN	-1164.265	-842.713	**-751.537**
AKDG	-651.158	**-591.339**	-593.037
AKSR	-641.249	**-565.103**	-567.214
ANRK	-700.273	-585.470	**-584.371**
BEYS	-634.290	**-596.738**	-600.034
CIHA	-1067.423	**-1067.421**	-1067.423
FEEK	-828.493	-678.048	**-674.635**
HALP	-667.155	**-632.928**	-634.363
HYMN	-653.265	-597.923	**-595.505**
KAMN	-712.798	-605.172	**-604.146**
KAPN	-1218.534	-821.189	**-728.764**
KAYS	-663.253	-609.286	**-607.886**
KIRS	-734.711	-629.049	**-625.889**
KKAL	-721.174	-601.588	**-598.278**
KLUU	-666.661	**-566.022**	-566.457
KNY1	-144.356	-139.054	-140.055
KNYA	**-419.655**	-842.713	-751.537
NEVS	-655.927	-588.098	**-587.380**
NIGD	-640.655	**-562.809**	-563.334
POZA	-865.555	**-846.861**	-847.157
SIH1	-184.825	-179.717	-180.457
SIHI	-386.266	**-370.731**	-374.654
YOZ1	-35.864	-35.864	-35.864
YOZT	-671.802	-595.425	**-592.724**
YUNK	-652.461	-614.582	**-613.212**

Çizelge 6.10 Yükseklik bileşeni (h) için MLE değerleri

NN	WN	WN+FN	WN+RWN
ADAN	-1033.473	**-973.390**	-978.364
AKDG	-1055.224	**-1038.433**	-1041.258
AKSR	-944.003	**-931.988**	-934.588
ANRK	-1010.903	**-964.879**	-968.434
BEYS	-1075.367	**-1072.579**	-1072.943
CIHA	-987.474	**-977.093**	-977.203
FEEK	-1205.916	**-1201.442**	-1202.995
HALP	-1030.568	-1002.137	**-1001.415**
HYMN	-1010.772	**-1003.354**	-1008.631
KAMN	-1130.427	-1031.592	**-1031.404**
KAPN	-1077.720	-983.959	**-980.532**
KAYS	-1048.523	**-1021.238**	-1022.965
KIRS	-992.469	**-971.974**	-974.263
KKAL	-999.047	**-992.187**	-993.490
KLUU	-921.621	**-905.819**	-908.885
KNY1	-259.623	-242.190	-239.600
KNYA	-707.105	**-702.230**	-705.290
NEVS	-963.737	**-932.154**	-934.970
NIGD	-964.533	**-954.091**	-955.066
POZA	-964.533	**-954.091**	-955.066
SIH1	-298.277	-298.277	-298.277
SIHI	-655.681	**-646.481**	-651.444
YOZ1	-50.844	-50.844	-50.844
YOZT	-920.141	**-909.140**	-914.090
YUNK	-962.791	**-949.264**	-950.971

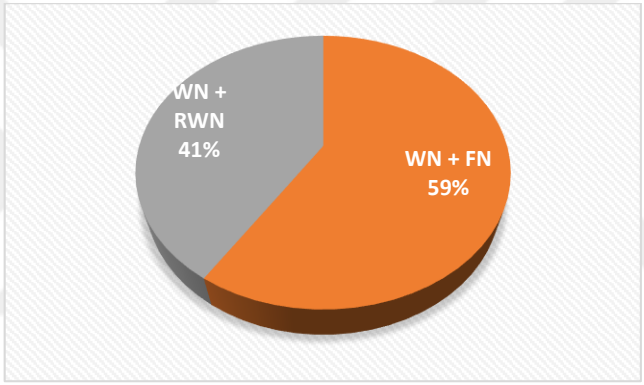
Çizelge 6.8-6.10 incelendiğinde koordinat bileşenleri için WN ve CN yoğunluklarına bakıldığında ve tüm istasyonlar dikkate alındığında;

- Kuzey bileşeninin sadece beyaz gürültü ile yüklü olmadığı, noktaların ~%59.1'inin WN+ FN ile ve ~%40.9'unun ise WN + RWN ile yüklü olduğu, -

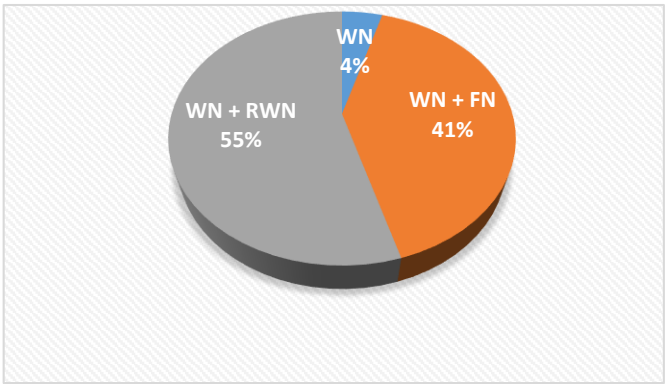
- Doğu bileşeninin ise %4.5' inin sadece WN ile yüklü olduğu, ~%40.9'unun WN+ FN ile ve %54.6'sının ise WN + RWN ile yüklü olduğu,

- Düşey bileşenin sadece beyaz gürültü ile yüklü olmadığı, ~%86.4'ünün WN +FN ile, ~%13.6' sının ise WN+ RWN ile yüklü olduğu görülmektedir (Şekil 6.20-6.22).

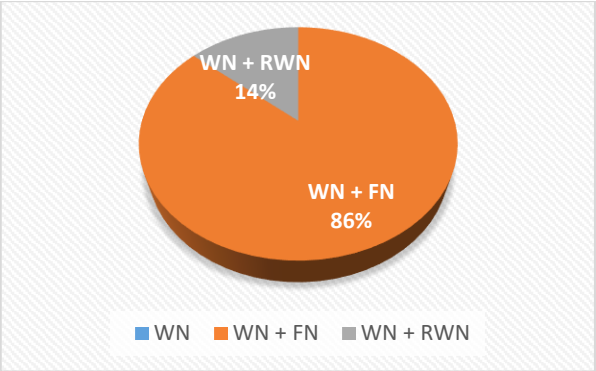
Aynı tablolar incelendiğinde MLE değerlerinin kuzey koordinat bileşeni için, WN'de $-388.841 - -1300.793$, WN+FN'de $-373.691 - -916.332$ ve WN+RWN'de $-374.996 - 836.292$ aralığında, doğu koordinat bileşeni için, WN'de $-386.266 - -1218.534$, WN+FN'de $-370.731 - -1067.421$ ve WN+RWN'de $-374.654 - -1067.423$ aralığında, yükseklik bileşeni için, WN'de $-655.681 - -1025.916$, WN+FN'de $-646.481 - -1021.442$ ve WN+RWN'de $-651.444 - -1202.995$ aralığında değiştiği görülmektedir. Kuzey-doğu koordinat ve yükseklik bileşeni için en büyük MLE değerleri her üç modelde de SIHI istasyonunda elde edilmiştir.



Şekil 6.20 Kuzey bileşeni gürültü dağılımı



Şekil 6.21 Doğu bileşeni gürültü dağılımı



Şekil 6.22 Düşey koordinat bileşeni gürültü dağılımı

Gürültü analizi için önemli parametrelerden biri de genliklerdir. Genlikler mevcut veride var olan uygun gürültü modelinin büyüklüğünü göstermektedir. WN, WN+FN ve WN+RWN gürültü modelleri için hesaplanan genlikler Çizelge 6.11-6.13'de verilmiştir.

Çizelge 6.11 Kuzey bileşeni gürültü genlikler(mm)

NN	WN			WN+FN			WN+RWN		
ADAN	12.92	±	0.51	11.24	±	2.28	16.46	±	0.64
AKDG	1.73	±	0.07	2.39	±	0.38	1.21	±	0.27
AKSR	1.93	±	0.08	3.38	±	0.36	1.87	±	0.36
ANRK	1.78	±	0.07	3.19	±	0.36	2.00	±	0.41
BEYS	2.03	±	0.08	3.56	±	0.38	2.69	±	0.45
CIHA	2.03	±	0.08	2.88	±	0.38	1.67	±	0.32
FEEK	2.13	±	0.08	4.73	±	5.39	4.66	±	0.65
HALP	3.53	±	0.14	5.55	±	0.74	3.64	±	0.66
HYMN	1.65	±	0.06	2.09	±	0.38	1.23	±	0.31
KAMN	1.80	±	0.07	3.17	±	0.41	2.40	±	0.46
KAPN	7.20	±	0.28	7.07	±	0.28	9.81	±	0.75
KAYS	1.95	±	0.08	2.99	±	0.46	1.41	±	0.31
KIRS	1.51	±	0.06	2.28	±	0.38	1.32	±	0.31
KKAL	2.13	±	0.08	3.88	±	0.37	3.08	±	0.45
KLUU	1.57	±	0.06	2.67	±	0.33	1.72	±	0.37
KNY1	1.26	±	0.10	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00
KNYA	1.47	±	0.07	2.19	±	0.46	16.46	±	0.64
NEVS	1.60	±	0.06	2.54	±	0.38	1.32	±	0.30
NIGD	1.63	±	0.06	2.85	±	0.38	1.68	±	0.35
POZA	2.47	±	0.10	3.75	±	0.54	2.33	±	0.54
SIH1	1.32	±	0.09	1.47	±	0.75	0.00	±	0.00
SIHI	1.33	±	0.06	1.77	±	0.33	1.35	±	0.38
YOZ1	1.57	±	0.25	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00
YOZT	1.83	±	0.08	3.32	±	0.50	2.19	±	0.57
YUNK	1.82	±	0.07	2.94	±	0.37	1.96	±	0.37

Çizelge 6.12 Doğu bileşeni gürültü genlikler (mm)

NN	WN			WN+FN			WN+RWN		
ADAN	8.51	±	0.33	8.97	±	2.85	15.98	±	1.14
AKDG	1.79	±	0.07	3.12	±	0.39	2.15	±	0.39
AKSR	1.72	±	0.07	3.10	±	0.42	1.63	±	0.34
ANRK	1.96	±	0.08	3.21	±	0.37	1.85	±	0.37
BEYS	1.70	±	0.07	2.81	±	0.41	1.73	±	0.41
CIHA	5.75	±	0.22	2.35	±	2.60	0.00	±	0.00
FEEK	3.10	±	0.12	5.49	±	0.22	6.82	±	0.79
HALP	1.85	±	0.07	2.68	±	0.41	1.56	±	0.38
HYMN	1.78	±	0.07	2.74	±	0.37	1.47	±	0.32
KAMN	2.15	±	0.08	3.81	±	0.40	2.47	±	0.44
KAPN	9.82	±	0.38	8.28	±	0.32	9.16	±	0.78
KAYS	1.78	±	0.07	2.76	±	0.37	1.61	±	0.32
KIRS	2.23	±	0.09	3.43	±	0.38	2.12	±	0.39
KKAL	2.17	±	0.08	3.89	±	0.37	3.01	±	0.42
KLUU	1.86	±	0.07	3.57	±	0.37	2.56	±	0.44
KNY1	1.41	±	0.11	2.78	±	0.76	2.08	±	0.93
KNYA	1.35	±	0.06	8.97	±	2.85	15.98	±	1.14
NEVS	1.78	±	0.07	2.83	±	0.38	1.60	±	0.32
NIGD	1.76	±	0.07	3.25	±	0.36	2.34	±	0.40
POZA	3.47	±	0.14	4.42	±	0.75	2.61	±	0.70
SIH1	1.38	±	0.10	2.60	±	0.74	1.82	±	0.58
SIHI	1.32	±	0.06	2.00	±	0.41	1.08	±	0.38
YOZ1	1.45	±	0.23	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00
YOZT	2.36	±	0.10	4.07	±	0.45	2.86	±	0.49
YUNK	1.86	±	0.07	2.60	±	0.38	1.58	±	0.35

Çizelge 6.13 Yükseklik bileşeni gürültü genlikler (mm)

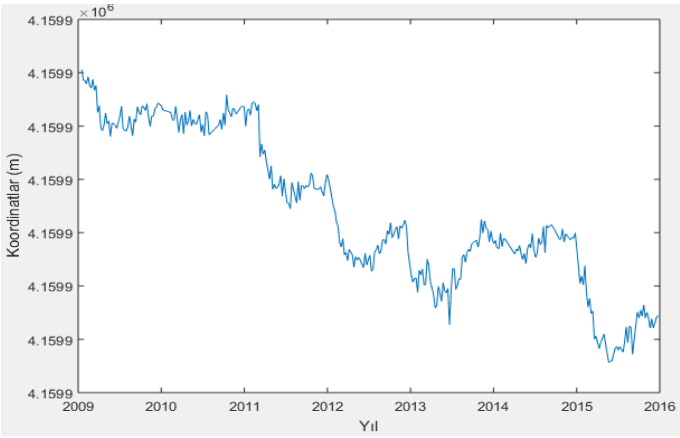
NN	WN			WN+FN			WN+RWN		
ADAN	5.71	±	0.22	10.86	±	1.20	9.63	±	1.61
AKDG	6.22	±	0.24	8.28	±	1.56	4.46	±	1.28
AKSR	4.34	±	0.17	5.38	±	1.19	2.34	±	0.78
ANRK	4.95	±	0.19	7.86	±	1.15	4.58	±	1.16
BEYS	6.62	±	0.26	4.63	±	1.64	1.55	±	0.69
CIHA	4.53	±	0.17	4.28	±	1.00	1.78	±	0.56
FEEK	9.89	±	0.39	8.61	±	2.29	4.37	±	1.75
HALP	5.60	±	0.22	6.58	±	1.12	3.08	±	0.81
HYMN	5.32	±	0.21	7.93	±	1.77	1.95	±	0.94
KAMN	7.76	±	0.30	13.27	±	1.74	5.25	±	1.16
KAPN	6.40	±	0.25	10.68	±	1.14	6.82	±	1.23
KAYS	5.69	±	0.22	8.48	±	1.24	5.98	±	1.29
KIRS	4.85	±	0.19	6.37	±	1.21	2.99	±	0.84
KKAL	5.04	±	0.20	4.72	±	1.25	1.91	±	0.71
KLUU	4.05	±	0.16	5.38	±	1.09	2.58	±	0.79
KNY1	5.74	±	0.45	10.57	±	1.99	9.62	±	2.45
KNYA	4.39	±	0.20	6.07	±	1.82	1.94	±	0.87
NEVS	4.53	±	0.18	6.85	±	1.07	3.90	±	0.94
NIGD	4.79	±	0.19	5.03	±	1.12	2.37	±	0.72
POZA	4.79	±	0.19	5.03	±	1.12	2.37	±	0.72
SIH1	4.04	±	0.28	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00
SIHI	4.29	±	0.20	6.19	±	1.32	3.69	±	1.53
YOZ1	3.07	±	0.49	0.00	±	0.00	0.00	±	0.00
YOZT	5.48	±	0.23	8.52	±	1.89	3.34	±	1.27
YUNK	4.90	±	0.19	5.81	±	1.27	2.40	±	0.75

Çizelge 6.11-6.13 incelendiğinde genliklerin benzer büyüklüklerde olduğu görülmektedir. WN için; kuzey bileşeninde genlikler 12.92 – 1.25, doğu bileşeninde 9.82 – 1.31, yükseklik bileşeninde ise 9.90 – 3.07 arasında, WN+FN için; kuzey bileşeninde genlikler 11.23- 1.47, doğu bileşeninde 8.97-2.00, yükseklik bileşeninde ise 13.27-4.28 arasında, WN+RWN içinde; kuzey bileşeninde genlikler 16.45-1.20, doğu bileşeninde 15.98-1.07, yükseklik bileşeninde ise 9.63-1.55 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama hataları ise; WN de; kuzey bileşeni için ±0.5053 ±0.0588, doğu bileşeni için, ±0.38 - ±0.06, yükseklik bileşeni için, ±0.49 - ±0.16 arasında, WN+FN'de; kuzey bileşeni için ±5.39 ±0.28, doğu bileşeni için, ±2.85 - ±0.21, yükseklik bileşeni için, ±2.29 - ±0.99 arasında, WN+ RWN'de ise; kuzey bileşeni için ±0.74 ±0.27, doğu bileşeni için, ±1.1 - ±0.31, yükseklik bileşeni için, ±2.45 - ±0.56 arasında değiştiği görülmektedir. Genlikler incelendiğinde yükseklik bileşenini diğer bileşenlerden daha yüksek ortalama hataya sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca bazı istasyonlarda en uygun gürültü modelinin belirlenmesine rağmen genliklerin sıfır çıkması elde edilen gürültü modellerinde FN 'un

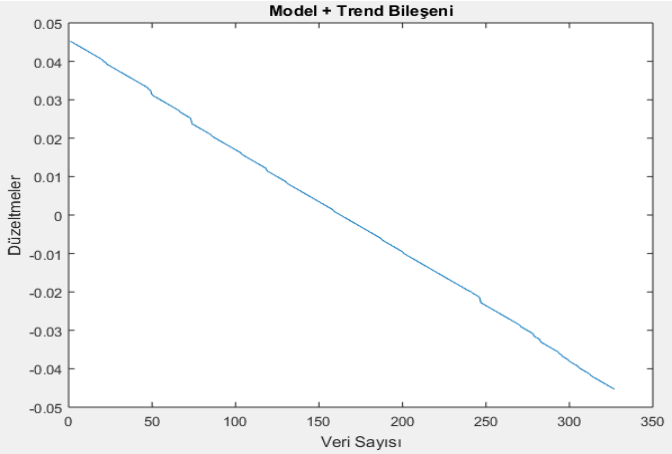
etkin olması ile açıklanmaktadır. Bu durumda CIHA istasyonunun doğu koordinat bileşeninde karşımıza çıkmaktadır. CIHA istasyonunun WN+RWN için genlğinini 0 çıkması bu istasyonun doğu koordinatında WN+FN modelinin en uygun gürültü modeli olarak belirlenmesi ve FN'un etkin gürültü türü olmasından kaynaklanmaktadır.

6.4. Gürültüden Arındırılmış Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi

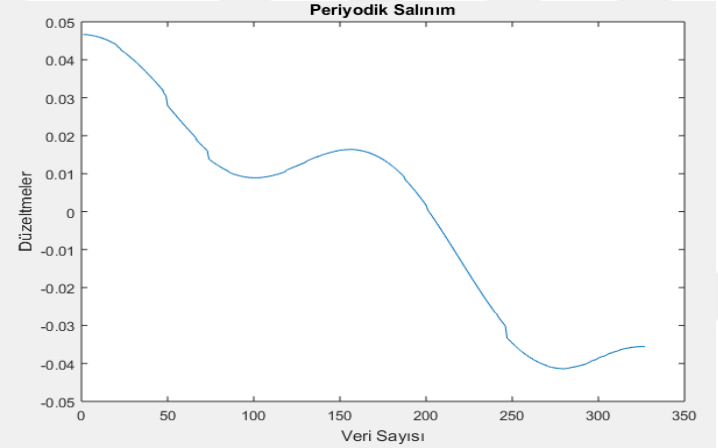
Gürültü bileşenlerinden arındırılmış hız bileşenlerinin belirlenmesinde zaman serilerinden yararlanılmıştır. Tüm istasyon verilerinin analizinin çok fazla yer kaplayacağı düşünüldüğünden dolayı bir istasyon (ADAN) verilerine ait analizler verilmiştir. Gürültü bileşenleri ve genlikleri belirlendikten sonra gürültü bileşenlerinden arındırılmış hız bileşenleri elde edilmiştir. Bu bölümde koordinatlar zaman serileri ile ifade edilmiş ve gürültüden arındırılmış hız bileşenleri verilmiştir. Koordinatların zaman serileri ile analiz edilmesinde bir dizi MATLAB komutundan yararlanılmıştır. Hazırlanan DT.m isimli MATLAB fonksiyonu kullanılmıştır ve ADAN istasyonu için X koordinat bileşenine ait analizler zaman serileri ile incelenmiştir. ADAN istasyonu için koordinat değişiminin zaman serilerine açılması Şekil 6.23'de, trend'i Şekil 6.24'de, periyodik etkinin gösterilmesi Şekil 6.25'de ve gürültü+trend'in birlikte gösterimi Şekil 6.26'de gösterilmiştir.



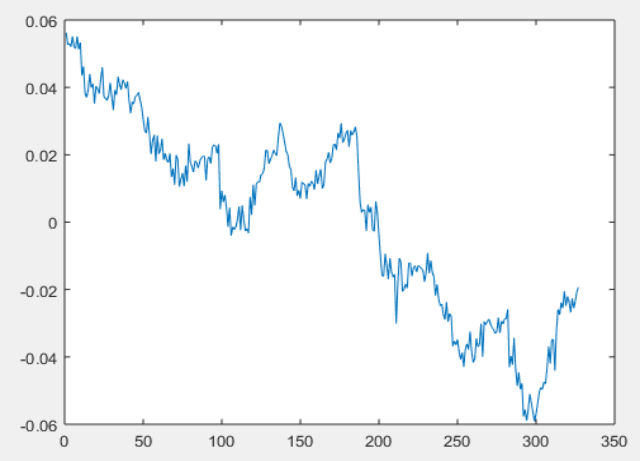
Şekil 6.23 ADAN istasyonu X koordinatının seriye açılması



Şekil 6.24 ADAN istasyonu X koordinatı için Trend ‘in gösterimi



Şekil 6.25 ADAN istasyonu X koordinatı için periyodik etkinin gösterimi



Şekil 6.26 ADAN istasyonu X koordinatı için Gürültü + Trend ‘in gösterimi

Gürültüden arındırılmış her bir koordinat bileşenine ait hızlar ve bunların ortalama hataları Çizelge 6.14-6.15'de verilmiştir.

Çizelge 6.14 Gürültü bileşenlerinden arındırılmış ve arındırılmamış hız bileşenleri (m)

NN	Gürültüden arındırılmamış			Gürültüden arındırılmış		
	V_X	V_Y	V_Z	V_X	V_Y	V_Z
ADAN	-0.01317	0.00856	0.01034	-0.01306	0.00843	0.01019
AKDG	-0.01277	-0.00204	0.01431	-0.01253	-0.00200	0.01425
AKSR	-0.01386	-0.00135	0.01086	-0.01366	-0.00129	0.01084
ANRK	-0.00829	-0.00181	0.01000	-0.00819	-0.00184	0.00978
BEYS	-0.00975	0.00372	0.00738	-0.00947	0.00381	0.00746
CIHA	-0.01073	0.00000	0.00993	-0.01050	-0.00011	0.00980
FEEK	-0.01664	0.00254	0.01452	-0.01652	0.00261	0.01445
HALP	-0.01467	0.00385	0.01353	-0.01450	0.00390	0.01347
HYMN	-0.00865	-0.00071	0.00786	-0.00852	-0.00077	0.00764
KAMN	-0.02224	-0.00098	0.00521	-0.02214	-0.00095	0.00513
KAPN	-0.01978	0.00083	0.00999	-0.01969	0.00101	0.01018
KAYS	-0.01487	0.00016	0.01340	-0.01481	0.00015	0.01327
KIRS	-0.01119	-0.00098	0.01129	-0.01098	-0.00096	0.01127
KKAL	-0.01022	-0.00093	0.01133	-0.00988	-0.00088	0.01125
KLUU	-0.00957	0.00044	0.01086	-0.00941	0.00042	0.01070
KNYA	-0.00991	0.00250	0.01003	-0.01016	0.00291	0.01001
NEVS	-0.01276	0.00046	0.01356	-0.01259	0.00050	0.01354
NIGD	-0.01393	0.00229	0.01367	-0.01371	0.00235	0.01371
POZA	-0.01404	0.00472	0.01449	-0.01378	0.00482	0.01454
SIHI	-0.00512	0.00968	0.03816	-0.00656	-0.00113	0.00709
YOZT	-0.01119	-0.00152	0.01268	-0.01107	-0.00143	0.01245
YUNK	-0.00752	-0.00036	0.00692	-0.00726	-0.00027	0.00696

Çizelge 6.15 Gürültü bileşenlerinden arındırılmış hızlara ait koh'lar (m)

NN	m_{V_X}	m_{V_Y}	m_{V_Z}
ADAN	0.00033	0.00024	0.00034
AKDG	0.00013	0.00009	0.00012
AKSR	0.00010	0.00007	0.00010
ANRK	0.00011	0.00006	0.00012
BEYS	0.00015	0.00009	0.00013
CIHA	0.00013	0.00013	0.00011
FEEK	0.00019	0.00018	0.00017
HALP	0.00012	0.00008	0.00015
HYMN	0.00011	0.00007	0.00012
KAMN	0.00017	0.00008	0.00015
KAPN	0.00019	0.00032	0.00020
KAYS	0.00011	0.00008	0.00012
KIRS	0.00012	0.00008	0.00009
KKAL	0.00011	0.00008	0.00012
KLUU	0.00009	0.00008	0.00010
KNYA	0.00017	0.00008	0.00014
NEVS	0.00011	0.00008	0.00010
NIGD	0.00012	0.00007	0.00011
POZA	0.00031	0.00027	0.00033
SIHI	0.00017	0.00011	0.00014
YOZT	0.00013	0.00012	0.00013
YUNK	0.00011	0.00008	0.00011
KNY1	0.00089	0.00092	0.00080
SIH1	0.00044	0.00034	0.00027
YOZ1	0.00495	0.00403	0.00274

Gürültüden arındırılmadan önce Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ile elde edilmiş hız bileşenleri ile CATS yazılımı kullanılarak gürültüden arındırılmış olarak elde edilmiş hız bileşenleri arasındaki farklar Çizelge 6.16'da verilmiştir.

Çizelge 6.16 Gürültüden arındırılmış ve arındırılmamış hızlar arasındaki farklar (mm)

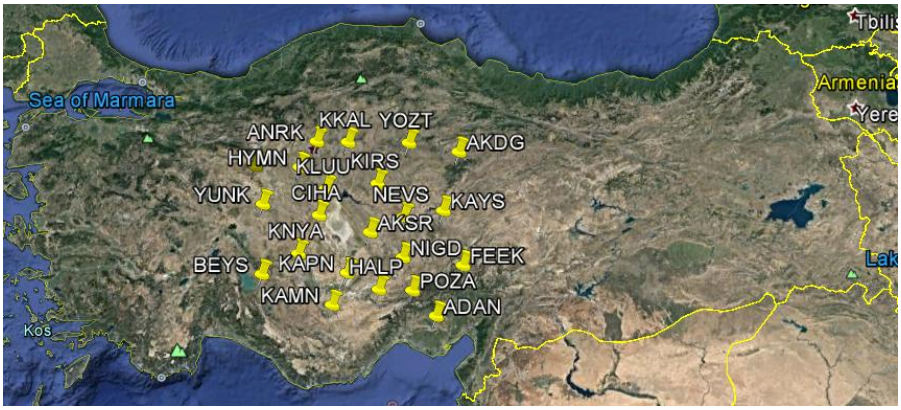
NN	ΔV_X	ΔV_Y	ΔV_Y
ADAN	-0.1	0.1	0.1
AKDG	-0.2	0.0	0.1
AKSR	-0.2	-0.1	0.0
ANRK	-0.1	0.0	0.2
BEYS	-0.3	-0.1	-0.1
CIHA	-0.2	0.1	0.1
FEEK	-0.1	-0.1	0.1
HALP	-0.2	0.0	0.1
HYMN	-0.1	0.1	0.2
KAMN	-0.1	0.0	0.1
KAPN	-0.1	-0.2	-0.2
KAYS	-0.1	0.0	0.1
KIRS	-0.2	0.0	0.0
KKAL	-0.3	0.0	0.1
KLUU	-0.2	0.0	0.2
KNYA	0.3	-0.4	0.0
NEVS	-0.2	0.0	0.0
NIGD	-0.2	-0.1	0.0
POZA	-0.3	-0.1	-0.1
SIHI	1.4	10.8	31.1
YOZT	-0.1	-0.1	0.2
YUNK	-0.3	-0.1	0.0

Çizelge 6.16 incelendiğinde, SIHI istasyonu için farkların diğer istasyonlara göre daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin SIHI istasyonun yer değiştirmesinden ve GNSS ölçülerini etkileyen gürültülerden çok fazla etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Bu istasyon dışındaki diğer istasyonlar incelendiğinde, gürültüden arındırılmış ve arındırılmamış hızlar arasındaki farkların X bileşeninde ±0.3 mm seviyesinde olduğu, Y bileşeni için -0.4 mm ile 0.1 mm arasında değiştiği, Z koordinat bileşeni için ±0.2 mm seviyesinde olduğu görülmüştür.

6.5. Enlem, Boylam ve Elipsoidal Yüksekliğe Bağlı Gürültü Modellerinin Belirlenmesi

En uygun gürültü modelinin enleme/boylama bağlı olup olmadığı araştırılmıştır (Şekil 6.27). Bu kapsamda çalışmada kullanılan TUSAGA-Aktif noktalarının koordinatları dikkate alınarak enlem, boylam ve elipsoidal yükseklik bakımından

gruplandırmalar yapılarak en uygun gürültü modelinin bunlarla ilişkisi oraya konulmuştur.



Şekil 6.27 Çalışma noktalarının konumları ile gösterimi

6.5.1. Enleme bağlı gürültü modelleri

En uygun gürültü modellerinin enleme bağlı olup olmadığını belirlemek amacıyle enlemlerine göre gruplandırma yapılmış ve Çizelge 6.17'de verilmiştir.

Çizelge 6.17 Enlemlerine göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması

Grup	İstasyonlar			
1	ANKR	KKAL	YOZT	AKDG
2	SIHI	HYMN		
3	KLUU	KIRS		
4	YUNK	CIHA	NEVS	KAYS
5	KNYA	NIGD	FEEK	
6	BEYS	KAPN		
7	HALP	POZA		
8	KAMN	ADAN		

Gruplandırma yapıldıktan sonra her grup için 3 koodinat bileşeni yönünde en uygun gürültü modelleri Çizelge 6.18'da verilmiştir.

Çizelge 6.18 Enleme göre gruplar için en uygun gürültü modelleri

Grup	NN	KUZEY	DOĞU	YÜKSEKLİK
1	ANKR	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	KKAL	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
	YOZT	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	AKDG	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
2	SIHI	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	HYMN	WN+FN	WN+RWN	WN+RWN
3	KLUU	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	KIRS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
4	YUNK	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
	CIHA	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	NEVS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	KAYS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
5	KNYA	WN+FN	WN	WN+FN
	NIGD	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	FEEK	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
6	BEYS	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	KAPN	WN+RWN	WN+RWN	WN+RWN
7	HALP	WN+RWN	WN+FN	WN+RWN
	POZA	WN+FN	WN+FN	WN+FN
8	KAMN	WN+FN	WN+RWN	WN+RWN
	ADAN	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN

6.5.2. Boylama bağlı gürültü modelleri

En uygun gürültü modellerinin boylama bağlı olup olmadığını belirlemek amacıyle boylamlarına göre gruplandırma yapılmış ve Çizelge 6.19'de verilmiştir.

Çizelge 6.19 Boylamlarına göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması

Grup	İstasyonlar			
1	SIHI	YUNK	BEYS	
2	HYMN	KNYA		
3	ANKR	KLUU	CIHA	KAMN
4	KKAL	KAPN		
5	KIRS	AKSR	HALP	
6	YOZT	NEVS	NIGD	POZA
7	KAYS	ADAN		
8	AKDG	FEEK		

Gruplandırma yapıldıktan sonra her grup için 3 koodinat bileşeni yönünde en uygun gürültü modelleri Çizelge 6.20'de verilmiştir.

Çizelge 6.20 Boylama göre gruplar için en uygun gürültü modelleri

Grup	NN	KUZEY	DOĞU	YÜKSEKLİK
1	SIHI	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	YUNK	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
	BEYS	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
2	HYMN	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	KNYA	WN+FN	WN	WN+FN
3	ANKR	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	KLUU	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	CIHA	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	KAMN	WN+FN	WN+RWN	WN+RWN
4	KKAL	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
	KAPN	WN+RWN	WN+RWN	WN+RWN
5	KIRS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	AKSR	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	HALP	WN+RWN	WN+FN	WN+RWN
6	YOZT	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	NEVS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	NIGD	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	POZA	WN+FN	WN+FN	WN+FN
7	KAYS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	ADAN	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
8	AKDG	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	FEEK	WN+FN	WN+RWN	WN+FN

6.5.3. Elipsoidal yüksekliğe bağlı gürültü modelleri

Çalışmada kullanılan noktaların enlem, boylama göre en uygun gürültü modelleri ortaya konulduktan sonra yüksekliğe bağlı olarak gürültü modellerin bir ilişkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. ADAN istasyonunun elipsoidal yüksekliği diğer istasyonlardan daha düşük olduğundan dolayı gruplandırmaya dahil edilmemiştir. Bu aşamada yüksekliğe bağlı olarak gruplandırma yapılmıştır (Çizelge 6.21).

Çizelge 6.21 Elipsoidal yüksekliklerine göre TUSAGA-Aktif noktalarının sınıflandırılması

Grup	İstasyonlar					
1	FEEK	KKAL	POZA			
2	AKSR	CIHA	KAPN	KLUU	KAMN	KIRS
3	SIHI	KAYS	BEYS	YUNK		
4	KNYA	ANRK	NIGD	HALP	HYMN	NEVS

Gruplandırma yapıldıktan sonra her grup için 3 koodinat bileşeni yönünde en uygun gürültü modelleri Çizelge 6.22'de verilmiştir.

Çizelge 6.22 Elipsoidal yükseklilerine göre gruplar için en uygun gürültü modelleri

Grup	NN	KUZEY	DOĞU	YÜKSEKLİK
1	FEEK	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	KKAL	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
	POZA	WN+FN	WN+FN	WN+FN
2	AKSR	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	CIHA	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	KAPN	WN+RWN	WN+RWN	WN+RWN
	KLUU	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	KAMN	WN+FN	WN+RWN	WN+RWN
	KIRS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
3	SIHI	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	KAYS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	BEYS	WN+RWN	WN+FN	WN+FN
	YUNK	WN+RWN	WN+RWN	WN+FN
4	KNYA	WN+FN	WN	WN+FN
	ANRK	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	NIGD	WN+FN	WN+FN	WN+FN
	HALP	WN+RWN	WN+FN	WN+RWN
	HYMN	WN+FN	WN+RWN	WN+FN
	NEVS	WN+FN	WN+RWN	WN+FN

Çizelge 6.18, 6.20 ve 6.22 incelendiğinde gürültü modelinin belirlenmesinde, istasyonların enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklerinin etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu durumun, istasyonların birbirlerine yakın olması ve istasyonlar arasındaki yükseklik farklarının az olması (<600 m) ile ilişkili olduğu söylenebilir.

7. SONUÇLAR

20.yy sonlarından itibaren GNSS teknikleri tektonik plaka hareketlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Büyük plaka hareketleri sonucunda oluşan depremler nokta koordinatlarında büyük değişikliklere neden olmuş, sürekli ya da tekrarlı olarak gerçekleştirilen ölçülere lineer bir trend uygulanmış ve bu etkiler sonucunda meydana gelen yer değiştirmeler ile nokta hızları belirlenmiştir. Bu hızlar genellikle; jeodezik ağ dengelemesi, rölatif baz uzunluklarının lineer regresyonu ve tek tek koordinat bileşenlerinin lineer regresyonu ile belirlenmiştir. Regresyon tahmininde genellikle EKKY kullanılmış, ölçü hataları normal dağılımda ve korelasyonsuz olduğu varsayılmıştır. Fakat bazı jeodezik verilerin zamanla korelasyonlu olduğu hata kaynaklarıyla ortaya konulmuştur. Jeodezik amaçlı gerçekleştirilen GNSS ölçülerinin sinyallerinde yaygın istatistiksel model olarak power-law süreç tanımlanmıştır.

Jeodezik amaçlarla kullanılacak nokta koordinatları deprem, tektonik hareketler, dünyanın hareketi vb. doğal olaylar ya da insanoğlunun müdahalesi sonucunda yer değiştirmelere maruz kalmaktadır. Bu yer değiştirmeler sonucunda nokta koordinatları dinamik bir yapıda olmaktadır. Dinamik yapıda olan bu hareketler sonucunda daha önce tesis edilmiş olan sabit noktaların koordinatları zamana bağlı olarak yer değiştirmekte ve bir hareket göstermektedir. Bu hareket sonucunda ise gerçekleştirilecek ölçümlerin doğruluğu değişecek ve gerçek değerler elde edilemeyecektir. Bu kapsamda sabit olarak kabul edilen noktaların koordinat bileşenlerinin hareketlerini etkileyen hız oranlarının belirlenmesi ve bu hızlar dikkate alınarak bu noktaların kullanılması gerekmektedir.

GNSS verilerinden günlük koordinat kestirimi yapılarak, noktaların hızları belirlenebilmektedir. Bu hızların GNSS sinyallerinin sahip olduğu gürültü bileşenleriyle de yüklü olduğu bilinmektedir. Bunlara bağlı olarak GNSS koordinatlarının hızlarının kestiriminde gürültülerle yüklü olan hızlar belirlenmektedir. Bu durumda karşımıza çıkan en temel sorunlardan biriside bu verilerde bulunan renkli gürültü (colored) ve beyaz (white) gürültülerin hız bileşenlerine etkilerinin araştırılması, etkilerinin ortaya çıkartılması ve bu etkilerden arındırılmış olarak hızların belirlenmesidir. Bu kestirimlerde renkli olarak kabul edilen gürültülerin zamanla korelasyonlu olduğu bilindiğinden çözümlenen GNSS ham verilerinin zaman korelasyonlu olarak zaman kestirimlerinin yapılması ve hız kestirimlerinin buna dayalı olarak belirlenmesi gerekmektedir. Jeodezik amaçlarla kullanılacak olan bu noktaların hızlarını belirlemek ve yüklü oldukları hatalardan arındırarak daha gerçekçi sonuçlar elde etmek gerekmektedir. Bu durumda

özellikle TUSAGA-Aktif kullanılarak yapılan Statik GNSS ölçmelerinde yeni noktaların koordinatları yüksek doğrulukta ve güvenirlikte belirlenebilecektir.

Yeryüzünde nokta konumlarını hem anlık hem de post-process ile belirlenmesine imkan veren, iynosfer, troposfer ve saat düzeltmeleri, uydu yörünge efemerisleri gibi pek çok bilgiyi sağlayan bir çok ağ bulunmaktadır. Bu ağların farklı kurum ve kuruluşlar tarafından kurulumu, korunması ve sürekliliği sağlanmaktadır. Bu ağlara global kullanılan IGS Ağı ve Türkiye'de ulusal olarak kullanılan post-process ile nokta konumlaya imkan veren TUTGA ile hem post-process hem de anlık olarak nokta konumlaya imkan veren TUSAGA-Aktif Ağları örnek verilebilir.

Günümüzde jeodezik noktaların koordinatları sabit olarak kabul edilen noktalara göre belirli bir referans epoğunda hesaplanmaktadır. Nokta koordinatlarının hesaplanmasında bulundukları tektonik plakalara göre rölatif bir hareket söz konusu olmaktadır. Jeodezik noktaların bulundukları tektonik plakalar ise birbirlerine karşı bir hareket yapmakta ve nokta koordinatlarını yıllık cm/mm seviyesinde değiştirmektedir. Ayrıca Ülkemiz'in deprem bölgesinde olduğu dikkate alınırsa jeodezik noktaların konumlarını depremlerde büyük oranda etkilemektedir. Nokta koordinatlarını GNSS ölçüleri yardımıyla sürekli izlemek olanaklı olmaktadır. Ülkemizde de sabit GNSS istasyonları yardımıyla jeodezik noktalar sürekli izlenebilmekte ve güncel koordinatları ile hızları hesaplanabilmektedir.

Türkiye, Afrika ve Arap tektonik plakalarının Avrasya tektonik plakası ile çarpışma bölgesindedir. Bölgedeki tektonik plaka sınırları, yanal atımlı ve normal faylar ile bindirme bölgeleri olarak ifade edilmektedir.

Türkiye'de özellikle depremlerin etkisiyle meydana gelen yatay yer kabuğu hareketleri nokta koordinatlarını değiştirmektedir. Bu nedenle, bir referans epoğunda koordinatlar belirlenirken hız alanlarının doğru olarak bilinmesi şarttır. Bu gerekçeyle, GNSS verileri de kullanılarak oluşturulan ITRF'e dayalı olan jeodezik ağlar bölgesel ya da noktasal konum değişimlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir.

Çalışma kapsamında GNSS ölçülerini etkileyen gürültü türleri ve bu gürültü türlerini belirlenmesinde kullanılan yazılımlar irdelenmiştir. Günümüze kadar yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde, GNSS sinyallerini genellikle WN, WN ile FN ve WN ile RWN'un etkilediği ortaya konmuştur. Bu sebepten dolayı İç Anadolu bölgesinde bulunan 22(+3) adet TUSAGA-Aktif noktalarında var olduğu bilinen WN, WN+FN ve WN+RWN türleri incelenmiştir. Ayrıca bu gürültülerden arındırılmış hız bileşenleri ve bu gürültülerle yüklü olduğu bilinen hız bileşenleri elde edilerek aralarındaki farklar

ortaya konulmuştur. Hız bileşenleri belirlendikten ve GNSS sinyallerinde olduğu tespit edilen en uygun gürültü modelleri ortaya konulduktan sonra bu modellerinin enlemle, boylamla ve elipsoidal yüksekliklerle ilişkisi araştırılmıştır. Bu amaçla GNSS ölçüleri kullanılarak gürültülerle yüklü olan hızlar Çizelge 6.6'da verilmiştir. Çizelge 6.6 incelendiğinde; X koordinat bileşeni için hız değişimleri -0.00512 - -0.02224 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın KAMN noktası olduğu, Y koordinat bileşeni için hız değişimleri 0.00968 - -0.00204 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın SIHI noktası olduğu, Z koordinat bileşeni için hız değişimleri 0.03816 - 0.00521 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın SIHI noktası olduğu görülmektedir. Gürültülerden arındırılmış hız bileşenleri ise Çizelge 6.14'de verilmiştir. Çizelge 6.14 incelendiğinde; X koordinat bileşeni için hız değişimleri -0.00656 - -0.02214 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın KAMN noktası olduğu, Y koordinat bileşeni için hız değişimleri 0.00843 - -0.00200 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın SIHI noktası olduğu, Z koordinat bileşeni için hız değişimleri 0.01454 - 0.00513 m/yıl arasında değiştiği ve en çok yer değiştiren noktanın POZA noktası olduğu görülmektedir.

GNSS ölçülerini etkileyen gürültü türlerinin belirlenmesinde CATS yazılımı kullanılmıştır. CATS yazılımı sonucunda elde edilen en uygun gürültü türünün belirlenmesinde ise MLE değerleri dikkate alınarak yorumlanmıştır. Her üç koordinat bileşeninde sırasıyla X, Y ve Z için en uygun gürültü türü Çizelge 6.8-6.10'da verilmiştir. Çizelge 6.8-6.10 incelendiğinde; Kuzey bileşeni için %59.09 'unun WN+ FN ile %40.91' inin ise WN + RWN ile yüklü olduğu, Doğu bileşeni için %40.91'inin WN+ FN ile, %54.55'inin WN + RWN ile, %4.54'ünün ise sadece WN ile yüklü olduğu, Düşey koordinat bileşeninde ise, %86.36'sinin WN +FN ile, %13.64' ünün ise WN+ RWN ile yüklü olduğu görülmektedir. Gürültülerin X, Y ve Z koordinat bileşenleri için genlikleri Çizelge 6.11-6.13'de verilmiştir. Çizelge 6.11-6.13 incelendiğinde; genliklerin benzer büyüklükte olduğu ve; WN için kuzey bileşeninde genlikler 12.92 – 1.25, doğu bileşeninde 9.82 – 1.31, yükseklik bileşeninde ise 9.90 – 3.07 arasında, WN+FN için, kuzey bileşeninde genlikler 11.23- 1.47, doğu bileşeninde 8.97-2.00, yükseklik bileşeninde ise 13.27-4.28 arasında, WN+RWN içinde, için, kuzey bileşeninde genlikler 16.45-1.20, doğu bileşeninde 15.98-1.07, yükseklik bileşeninde ise 9.63-1.55 arasında değiştiği, Ortalama hatların ise, WN kuzey bileşeni için ±0.5053 ±0.0588, doğu bileşeni için, ±0.3830 - ±0.0612, yükseklik bileşeni için, ±0.4862 - ±0.1585 arasında, WN+FN'de kuzey bileşeni için ±5.3900 ±0.2755, doğu bileşeni için, ±2.8502 - ±0.2154, yükseklik

bileşeni için, ±2.2937 - ±0.9997 arasında, WN+ RWN'de ise kuzey bileşeni için ±0.7460 ±0.2721, doğu bileşeni için, ±1.1385 - ±0.3162, yükseklik bileşeni için, ±2.4496 - ±0.5594 arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama hatalar incelendiğinde yükseklik bileşeninin diğer bileşenlerden daha yüksek ortalama hataya sahip olduğu görülmektedir.

En uygun gürültü türü ve genlikleri hesaplandıktan sonra gürültülerin enlem, boylam ve elipsoidal yüksekliklerle ilişkilerini ortaya koymak amacıyla Bölüm 6.5'de söz edilen çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Enlemle olan ilişkileri ifade etmek için bölge 8 gruba ayrılmış ve Çizelge 6.17'de bu gruplara giren TUSAGA-Aktif noktaları gösterilmiştir. Ayrıca bu gruplar için en uygun gürültü modelleri de Çizelge 6.18'de gösterilmiştir. Çizelge 6.18 incelendiğinde ve enleme göre bir karşılaştırma yapıldığında, Kuzey koordinat bileşeninde %57'lik bir oranla TUSAGA-Aktif noktalarında WN+FN'un etkin olduğu, Doğu koordinat bileşeninde %57'lik oranla WN+RWN, %38'lik bir oranla WN+FN ve %5'lik bir oranda ise sadece WN'un etkin olduğu, yükseklik bileşeninde ise %81'lik bir oranla WN+FN'un etkin olduğu görülmektedir.

Boylamla olan ilişkileri ifade etmek için bölge 8 gruba ayrılmış ve Çizelge 6.19'da bu gruplara giren TUSAGA-Aktif noktaları gösterilmiştir. Ayrıca bu gruplar için en uygun gürültü modelleri de Çizelge 6.20'de gösterilmiştir. Çizelge 6.20 incelendiğinde ve boylama göre bir karşılaştırma yapıldığında; Kuzey koordinat bileşeninde %59'lik bir oranla TUSAGA-Aktif noktalarında WN+FN'un etkin olduğu, Doğu koordinat bileşeninde %55'lik oranla WN+RWN, %41'lik bir oranla WN+FN ve %4'lük bir oranda ise sadece WN'un etkin olduğu, yükseklik bileşeninde ise %86'lik bir oranla WN+FN'un etkin olduğu görülmektedir.

Elipsoidal yüksekliklerle olan ilişkileri ifade etmek için bölge bu sefer 4 gruba ayrılmış ve Çizelge 6.21'da bu gruplara giren TUSAGA-Aktif noktaları gösterilmiştir. Ayrıca bu gruplar için en uygun gürültü modelleri de Çizelge 6.22'de gösterilmiştir. Çizelge 6.22 incelendiğinde ve elipsoidal yüksekliklere göre bir karşılaştırma yapıldığında; Kuzey koordinat bileşeninde %63'lik bir oranla TUSAGA-Aktif noktalarında WN+FN'un etkin olduğu, Doğu koordinat bileşeninde %53'lik oranla WN+RWN, %42'lik bir oranla WN+FN ve %5'lik bir oranda ise sadece WN'un etkin olduğu, yükseklik bileşeninde ise %84'lik bir oranla WN+FN'un etkin olduğu görülmektedir.

Yapılan karşılaştırmalar dikkate alındığında gürültüden arındırılmış ve arındırılmamış hızlar arasında mm altı bir yakınlık olduğundan dolayı aslında temel jeodezik ölçmelerde gürültüden arındırılmış hızların kullanımın pratikte kullanıcılara çok

katkı sağlamayacağı ancak ölçü epoğu ile referans epoğu arasındaki farklar arttıkça hata miktarının da artacağından dolayı yüksek doğruluk gerektiren jeodezik çalışmalarda ise gürültüden arındırılmış hızların kullanılmasının hesaplanacak nokta konum ve doğruluğunu büyük oranda etkileyeceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Agnew, D. C., 1992, The Time-Domain Behavior of Power-Law Noises, *Geophys Res Lett*, 19, 333-336.

Aktuğ, B., Kurt, M., Parmaksız, E., Lenk, O., Erkan, Y. ve Aysezen, Ş., 2011, Türkiye'de Sabit GNSS İstasyonlarının Tarihi ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı Aktif (TUSAGA-Aktif). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

Anand, S., 2016, Everything About Time Series Analysis And The Components of Time Series Data, https://www.linkedin.com/pulse/everything-time-series-analysis-components-data-saranya-anandh: [16.07.2018].

Anonim1, 2018, http://pfostrain.ucsd.edu/, [06.03.2018].

Anonim2, 2018, ftp://ftp.aiub.unibe.ch/CODE/yyyy, [15.06.2018].

Anonim3, 2018, ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/wwww [03.07.2018].

Anonim4, 2018, ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/glonass/products/wwww, [28.06.2018].

Anonim5, 2018, ftp://ftp.aiub.unibe.ch/BSWUSER52/STA/, [27.06.2018].

Anonim6, 2018, ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/data/daily/yyyy/yyd, [28.08.2018].

Anonim7, 2018, http://www.tusaga-aktif.gov.tr/, [28.06.2018].

Anonim8, 2018, http://ggosatm.hg.tuwien.ac.at/DELAY/GRID/VMFG/yyyy, [13.07.2018].

Anonim9, 2018, ftp://ftp.aiub.unibe.ch/BSWUSER52/GEN/, [13.07.2018].

Anonim10, 2018, ftp://igs.bkg.bund.de/EUREF/obs/yyyy/ddd/, [15.06.2018].

Anonim11, 2018, http://holt.oso.chalmers.se/loading/, [15.06.2018].

Atalı, Ö., 2012, Türkiye'de Yerkabuğu Hareketlerinin Jeodezik Yönden İncelenmesi, *Nevşehir Üniversitesi Fenbilimleri Enstitü Dergisi*, 1, 11-23.

Başçiftçi, F., 2017, GNSS Verileri Kullanılarak İyonosfer Modelinin Oluşturulması ve Global Modellerle Karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Beran, J., 1994, Statistics for Long-Memory Processes, *Monogr Stat Appl Probab*, 61:315.

Bos, M. S., Bastos, L. ve Fernandes, R. M. S., 2010, The Influence of Seasonal Signals on The Estimation of The Tectonic Motion in Short Continuous GPS Time-Series, *Journal of Geodynamics*, 49, 205-209.

Brockwell, P. J. ve Davis, R. A., 1991, Time Series: Theory and Methods, *New York*, Springer Science+Business Media, p.

Calais, E., 1999, Continuous GPS Measurements Across the Western Alps, 1996-1998, *Geophysical Journal International*, 1 (138), 221-230.

Cucci, L., De Martini, P. M., Masana, E. ve Vanneste, K., 2012, Active Tectonics around The Mediterranean Region: Site Studies and Application of New Methodologies, *Annals of Geophysics*, 55 (5), 843-846.

Dach, R., Lutz, S., Walser, P. ve Fridez, P., 2015, Bernese GNSS Software Version 5.2, *Switzerland*, Astronomical Institute,University of Bern, p.

Davis, A., Marshak, A., Wiscombe, A. ve Cahalan, R., 1994, Multifractal Characterizations of Nonstationarity and Intermittency in Geophysical Fields: Observed, Retrieved or Simulated, *J Geophys Res*, 99, 8055-8072.

Deniz, R., Çelik, R. N., Kutoğlu, H., Özlüdemir, M. T., Demir, Ç. ve Kınık, İ., 2005, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği *Ankara*.

Dmitrieva, K., Segall, P. ve DeMets, C., 2015, Network-based Estimation of Time-dependent Noise in GPS Position Time Series, *Journal of Geodesy*, 89, 561-606.

Erdoğan, H., 2006, Mühendislik Yapılarındaki Dinamik Davranışların Jeodezik Ölçmelerle Belirlenmesi, *YTÜ* İstanbul.

Eren, K. ve Uzel, T., 2006, Ulusal CORS (SürekIİ Gözlem Yapan Gps İstasyonu) Sisteminin Kurulması ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi, *İstanbul*.

Eren, K., Uzel, T., Gulal, E., Yildirim, O. ve Cingoz, A., 2009, Results from a Comprehensive Global Navigation Satellite System Test in the CORS-TR Network: Case Study, *Journal of Surveying Engineering-Asce*, 135 (1), 10-18.

Gardner. M., 1978, Mathematical Games: White and Brown Music, Fractal Curves and One-over-f Fluctuations, *Sci Am* 238 (4), 16–32.

Herring, T., 2003, MATLAB Tools for Viewing GPS Velocities and Time Series, *GPS Solutions*, 7, 194-199.

Hosking, J. R. M., 1981, Fractional Differencing, *Biometrika*, 68 (1), 165–176.

Jackson, J. ve Mckenzie, D., 1988, The Relationship Between Plate Motions and Seismic Moment Tensors, and The Rates of Active Deformation in The Mediterranean and Middle-East, *Geophysical Journal-Oxford*, 93 (1), 45-73.

Jiang, W. P., Ma, J., Li, Z., Zhou, X. H. ve Zhou, B. Y., 2018, Effect of Removing The Common Mode Errors on Linear Regression Analysis of Noise Amplitudes in Position Time Series of A Regional GPS Network & A Case Study of GPS Stations in Southern California, *Advances in Space Research*, 61 (10), 2521-2530.

Johnson, H. ve Wyatt, F. K., 1994, Geodetic Network Design for Faultmechanics

Studies, *Manuscr Geod*, 19, 309-323.

Johnson, H. ve Agnew, D. C., 1995, Monument motion and Measurements of Crustal Velocities, *Geophys Res Lett*, 22.

Johnson, H. ve Agnew, D. C., 2000, Correlated Noise in Geodetic Time Series.

Kara, T., 2009, Sabit GPS İstasyonlarının Zaman Serileri Analizi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya.

Khelifa, S., Kahlouche, S. ve Belbachir, M. F., 2013, Analysis of Position Time Series of GPS-DORIS Co-located Stations, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 20, 67-76.

King, N. E., Svarc, J. L., Fogleman, E. B., Griss, W. K., Clark, K. W., Hamilton, G. D., Stiffler, C. H. ve Sutton, J. M., 1995, Continuous GPS Observation Across the Hayward Fault, California, 1991–1994, *J Geophys Res*, 100, 20271-20284.

Kontny, B., Kaplon, J. ve Zajac, M., 2009, Velocity Estimation On Base Of Epoch GPS Measurements – Comparison Of Different Approaches - An Example Of Geodynamic Network "Geosud. 10th Czech-Polish Workshop On Recent Geodynamics Of The Sudeten And Adjacent Areas Szklarska Poręba,, Poland.

Kudrys, J. ve Krzyzek, R., 2011, Analysis of Coordinates Time Series Obtained Using the NAWGEO Service of the ASG-EUPOS System, *Geomatics And Environmental Engineering*, 5 (4), 39-46.

Kurt, A. İ., Kılıçoğlu, A., Erkan, Y. ve Ceyhan, B., 2005, Türkiye Ulusal Sabit Gps Istasyonlari Aği (Tusaga) Veri Değerlendirme Stratejileri. Deprem Sempozyumu. Kocaeli**:** 267-268.

Kurt, A. İ., 2009, Sabit GPS İstasyonlari Zaman Serileri Analizinden Yararlanarak Kampanya Tipi GPS Ölçülerinin Hizlarinin İyileştirilmesi, *İTÜ*, İstanbul.

Kurt, A. İ. ve Deniz, R., 2009, Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizi ile TUTGA Hızlarının İyileştirilmesi, *İtü dergisi*, 8 (3), 142-152.

Kurt, A. İ. ve Deniz, R., 2010, Deformasyon Hızlarının İyileştirilmesinde Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizinden Yararlanılması, *Harita Dergisi*, 144, 20-28.

Kurt, A. İ., 2017, TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonları Zaman Serilerinin Gürültü Özelliklerinin Analizi TUJK 2017 Bilimsel Toplantısı. İstanbul.

Langbein, J. ve Johnson, H., 1997, Correlated Errors in Geodetic Time Series: Implications for Time-dependent Deformation, *J Geophys Res*, 10 (B1), 591-603.

Langbein, J., 2004, Noise in Two-color Electronic Distance Meter Measurements Revisited. , *J Geophys Res*, 109 (B04), 406.

Langbein, J., 2017, Improved Efficiency of Maximum Likelihood Analysis of Time Series with Temporally Correlated Errors, *Journal of Geodesy*, 91 (8), 985-994.

Langbein, J. O., Linker, M. F., McGarr, A. F. ve Slater, L. E., 1987, Precision of Two-color Geodimeter Measurements: Results From 15 Months of Observations, *J Geophys Res*, 92, 11644-11656.

Langbein, J. O. ve Johnson, H., 1995, Noise Level of Geodetic Monuments. EOS Trans Am Geophys Un

Malinaverno, A., 1989, Testing Linear Models of Sea Floor Topography, *Pure Appl Geophys*, 131, 139-155.

Mandelbrot, B. ve Van Ness, J., 1968, Fractional Brownian Motions, Fractional Noises, and Applications., *SIAM Review*, 10.

Mandelbrot, B., 1977, Fractals: Form, Chance, and Dimension, W. H. Freeman and Company, p. 352.

Mandelbrot, B., 1983, The Fractal Geometry of Nature, *San Francisco*, Freeman, p.

Mao, A., Harrison, C. G. A. ve Dixon, T. H., 1999, Noise in GPS Coordinate Time Series, *J Geophys Res*, 10 (B2), 2797-2816.

Montillet, J. P., Szeliga, W. M., Melbourne, T. I., Flake, R. M. ve Schrock, G., 2016, Critical Infrastructure Monitoring with Global Navigation Satellite Systems, *Journal of Surveying Engineering*, 142 (4).

Özdemir, S., 2016, TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması Üzerine, *Harita Dergisi*, 155, 53-81.

Prawirodirdjo, L., Ben-Zion, Y. ve Bock, Y., 2006, Observation and Modeling of Thermoelastic Strain in Southern California Integrated GPS Network Daily Position Time Series, *Journal of Geophysical Research*, 111, B02408/02401-02410.

Samtamaria- Gomez, A., Bouin, M., Collilieux, X. ve Wöppelmann, G., 2011, Correlated Errors in GPS Position Time Series: Implications for Velocity Estimates, *Journal of Geophysical Research*, 116 (B01), 1405.

Simav, Ö., Demir, Ç., Simav, M. ve Yıldız, H., 2004, Sabit GPS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinin Analizi, *Surveying Journal* (136).

Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2004, IGS Ürünlerinin Tanıtımı, Igs Ürünlerine Erişim Ve Bir Uygulama, *, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi*, 3 (1).

Tatarskii V.I., 1961, Wave Propagation in A Turbulent Medium, *New York*, Dover, p.

Teferle, F. N., Williams, S. D. P., Kierulf, H. P., Bingley, R. M. ve Plag, H.-P., 2005, The European Sea Level Service Continuous GPS Coordinate Time Series Analysis Strategy. European Geosciences Union, Geophysical Research Abstracts. 7.

Teferle, F. N., Williams, S. D. P., Kierulf, H. P., Bingley, R. M. ve Plag, H.-P., 2008, A Continuous GPS Coordinate Time Series Analysis Strategy for High-accuracy Vertical Land Movements, *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 205-216.

Teunissen, P. J. G. ve Amiri-Simkooei, A. R., 2008, Least-squares Variance Component Estimation, *Journal of Geodesy*, 82 (2), 65-82.

Teza, G., Pesci, A. ve Casula, G., 2010, SURMODERR: A MATLAB Toolbox for Estimation of Velocity Uncertainties of A Non-permanent GPS Station, *Computers & Geosciences*, 36 (8), 1033-1041.

Treuhaft, R. N., Lanyi, G.E.,, 1987, The Effect of the Dynamic Wet Troposphere on Radio Interferometric Measurements., *Radio Sci*, 22, 251-265.

Wang, W., Zhao, B., Wang, Q. ve Yang, S., 2012, Noise Analysis of Continuous GPS Coordinate Time Series for CMONOC, *Advances in Space Research*, 49, 943-956.

Williams, S. D. P., 2003a, Offsets in Global Positioning System Time Series, *Journal of Geophysical Research*, 108 (B6).

Williams, S. D. P., 2003b, The Effect of Coloured Noise on The Uncertainties of Rates Estimated from Geodetic Time Series, *Journal of Geodesy*, 76, 483-494.

Williams, S. D. P., Bock, Y., Fang, P., Jamason, P., Nikolaidis, R. M., Miller, M. ve Johnson, D. J., 2004, Error Analysis of Continuous GPS Position Time Series, *Journal of Geophysical Research*, 109 (B03).

Williams, S. D. P., Bock, Y., Fang, P., Jamason, P., Nikolaidis, R. M., Prawirodirdjo, L., Miller, M. ve Johnson, D. J., 2004 Error Analysis of Continuous GPS Position Time Series, *J Geophys Res*

109 (B03), 412.

Williams, S. D. P., 2008, CATS, GPS Coordinate Time Series Analysis Software, *GPS Solutions*, 12, 147-153.

Wyatt, F., Morrissey, S. T. ve Agnew, D. C., 1988, Shallow Borehole Tilt: A Reprise, *J Geophys Res*, 93, 9197-9201.

Wyatt, F. K., 1982, Displacement of Surface Monuments: Horizontal Motion, *ournal of Geophysical Research: Solid Earth*, 87, 979-989.

Wyatt, F. K., 1989, Displacement of Surface Monuments: Vertical Motion, *J Geophys Res*, 94, 1655-1664.

Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Gülal, E. V. ve Dindar, A. A., 2007, TUSAGA-Aktif (CORS TR) Projesi ve Üklemize Katkıları *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, KTÜ, Trabzon.

Yıldız, S. S., Yağcı, A., Özkan, A., Yavaşoğlu, H., Altın, M. U. ve Tarı, E., 2009, GPS Gözlem Süresinin Yüksek Doğruluklu Çalışmalarda Zaman Serileri ve Hız Vektörleri Üzerine Etkisi. 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.

Yılmaz, M., 2012, Jeodezik Nokta Hız Kestiriminde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılabilirliği, *AKÜ*, Afyonkarahisar.

Yılmaz, M. ve Güllü, M., 2012, Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı *Electronic Journal of Map Technologies*, 4 (2), 42-50.

Zanutta, A., Negusini, M., Vittuari, L., Cianfarra, P., Salvini, F., Mancini, F., Sterzai, P., Dubbini, M., Galeandro, A. ve Capra, A., 2017, Monitoring Geodynamic Activity in the Victoria Land, East Antarctica: Evidence from GNSS Measurements, *Journal of Geodynamics*, 110, 31-42.

Zhang, J., Bock, Y., Johnson, H., Fang, P., Williams, S., Genrich, J., Wdowinski, S. ve Behr, J., 1997, Southern California Permanent GPS Geodetic Array: Error Analysis Of Daily Position Estimates And Site Velocities, *J Geophys Res*, 102 (B8), 18035-18055.

EKLER

EK-1 ADAN istasyonu WN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output ADAN_wn.out
vyas1_ADAN.neu
 Data from file : vyas1_ADAN.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on
x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:10:35 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  MLE   :   -1300.792826
+NORT  INTER :      51.2566 +-     1.4595
+NORT  SLOPE :       7.8417 +-     0.3630
+NORT  SIN   :      6.3492 +-     1.0147
+NORT  COS   :     -5.4708 +-     1.0188
+NORT  SIN   :      0.7062 +-     1.0101
+NORT  COS   :     -0.6074 +-     1.0152
+NORT  VL    :     -0.0131 +-     0.0003
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      12.9232 +-     0.5053

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  MLE   :   -1164.264964
+EAST  INTER :      0.6943 +-     0.9613
+EAST  SLOPE :      1.3425 +-     0.2391
+EAST  SIN   :      6.4923 +-     0.6684
+EAST  COS   :     -7.5519 +-     0.6710
+EAST  SIN   :     -0.2085 +-     0.6653
+EAST  COS   :     -0.2188 +-     0.6687
+EAST  VL    :      0.0084 +-     0.0002
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      8.5122 +-     0.3329

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  MLE   :   -1033.472760
+VERT  INTER :     11.1328 +-     0.6444
+VERT  SLOPE :      2.3354 +-     0.1603
+VERT  SIN   :      3.1655 +-     0.4480
+VERT  COS   :     -1.1763 +-     0.4498
+VERT  SIN   :     -0.0752 +-     0.4460
```

+VERT COS : -0.0785 +- 0.4483
+VERT VL : 0.0102 +- 0.0003
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 5.7061 +- 0.2231

End Time : Thu Feb 22 13:10:35 2018

Total Time : 0

EK-2 AKDG istasyonu WN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output AKDG_wn.out vyas1_AKDG.neu
 Data from file : vyas1_AKDG.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 324
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:11:54 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  MLE   :    -638.451643
+NORT  INTER :      50.4363 +-     0.1948
+NORT  SLOPE :       2.2636 +-     0.0484
+NORT  SIN   :      -0.0044 +-     0.1365
+NORT  COS   :       0.1013 +-     0.1356
+NORT  SIN   :      -0.3570 +-     0.1348
+NORT  COS   :      -0.1868 +-     0.1363
+NORT  VL    :      -0.0125 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :       1.7255 +-     0.0677

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  MLE   :    -651.157690
+EAST  INTER :       0.4351 +-     0.2025
+EAST  SLOPE :      -0.4965 +-     0.0503
+EAST  SIN   :      -1.2150 +-     0.1420
+EAST  COS   :      -1.5409 +-     0.1410
+EAST  SIN   :       0.5417 +-     0.1402
+EAST  COS   :       0.3672 +-     0.1418
+EAST  VL    :      -0.0020 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :       1.7943 +-     0.0704

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  MLE   :   -1055.223648
+VERT  INTER :      13.2346 +-     0.7022
+VERT  SLOPE :       1.4927 +-     0.1745
+VERT  SIN   :      -1.8792 +-     0.4923
+VERT  COS   :       2.5776 +-     0.4890
+VERT  SIN   :       0.6098 +-     0.4860
+VERT  COS   :       0.1895 +-     0.4915
```

+VERT VL : 0.0142 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 6.2208 +- 0.2440

End Time : Thu Feb 22 13:11:54 2018

Total Time : 0

EK-3 AKSR istasyonu WN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output AKSR_wn.out
vyas1_AKSR.neu
 Data from file : vyas1_AKSR.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on
x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:13:16 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  MLE   :    -678.468397
+NORT  INTER :      51.9297 +-     0.2172
+NORT  SLOPE :       2.2961 +-     0.0540
+NORT  SIN   :      0.5720 +-     0.1513
+NORT  COS   :      0.7367 +-     0.1519
+NORT  SIN   :     -0.3003 +-     0.1516
+NORT  COS   :     -0.3333 +-     0.1503
+NORT  VL    :     -0.0137 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      1.9269 +-     0.0753

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  MLE   :    -641.249411
+EAST  INTER :       1.2637 +-     0.1938
+EAST  SLOPE :      -0.5376 +-     0.0482
+EAST  SIN   :     -0.4539 +-     0.1351
+EAST  COS   :      -1.6327 +-     0.1356
+EAST  SIN   :      0.2088 +-     0.1353
+EAST  COS   :      0.0854 +-     0.1341
+EAST  VL    :     -0.0013 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      1.7196 +-     0.0672

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  MLE   :    -944.003011
+VERT  INTER :      11.7827 +-     0.4893
+VERT  SLOPE :       1.8543 +-     0.1216
+VERT  SIN   :     -0.5600 +-     0.3409
+VERT  COS   :      2.5587 +-     0.3422
+VERT  SIN   :      0.4638 +-     0.3414
+VERT  COS   :      0.5222 +-     0.3385
```

+VERT VL : 0.0108 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 4.3402 +- 0.1697

End Time : Thu Feb 22 13:13:16 2018

Total Time : 0

EK-4 ANRK istasyonu WN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output ANRK_wn.out
vyas1_ANRK.neu
 Data from file : vyas1_ANRK.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on
x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 334
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:14:15 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  MLE   :    -669.432012
+NORT  INTER :      51.2587 +-     0.1956
+NORT  SLOPE :       2.1462 +-     0.0491
+NORT  SIN   :      -0.2262 +-     0.1385
+NORT  COS   :       0.0460 +-     0.1384
+NORT  SIN   :      0.0662 +-     0.1372
+NORT  COS   :      -0.1878 +-     0.1391
+NORT  VL    :      -0.0082 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :       1.7849 +-     0.0690

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  MLE   :    -700.273260
+EAST  INTER :       1.4335 +-     0.2145
+EAST  SLOPE :      -0.4575 +-     0.0538
+EAST  SIN   :      -0.5005 +-     0.1519
+EAST  COS   :      -0.8920 +-     0.1518
+EAST  SIN   :      0.2785 +-     0.1504
+EAST  COS   :       0.0354 +-     0.1526
+EAST  VL    :      -0.0018 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :       1.9570 +-     0.0756

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  MLE   :   -1010.903386
+VERT  INTER :      19.8213 +-     0.5421
+VERT  SLOPE :       0.5685 +-     0.1361
+VERT  SIN   :      -2.3807 +-     0.3839
+VERT  COS   :       3.6210 +-     0.3836
+VERT  SIN   :      0.6126 +-     0.3801
+VERT  COS   :       0.5586 +-     0.3856
```

+VERT VL : 0.0098 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 4.9465 +- 0.1911

End Time : Thu Feb 22 13:14:15 2018

Total Time : 0

EK-5 BEYS istasyonu WN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --verbose --output BEYS_wn.out vyas1_BEYS.neu
 Data from file : vyas1_BEYS.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 336
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:17:39 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  MLE   :    -716.100314
+NORT  INTER :      49.7852 +-     0.2220
+NORT  SLOPE :       2.4833 +-     0.0557
+NORT  SIN   :      1.5451 +-     0.1566
+NORT  COS   :       1.2508 +-     0.1570
+NORT  SIN   :      -0.1258 +-     0.1552
+NORT  COS   :      -0.1558 +-     0.1574
+NORT  VL    :      -0.0095 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :       2.0258 +-     0.0780

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  MLE   :   -1067.422827
+EAST  INTER :      -0.2478 +-     0.6297
+EAST  SLOPE :      -0.4025 +-     0.1579
+EAST  SIN   :     -0.9871 +-     0.4441
+EAST  COS   :      -0.8724 +-     0.4453
+EAST  SIN   :       0.4220 +-     0.4403
+EAST  COS   :      -0.3867 +-     0.4465
+EAST  VL    :       0.0038 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :       5.7459 +-     0.2213

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  MLE   :    -987.473567
+VERT  INTER :      13.7723 +-     0.4967
+VERT  SLOPE :       1.4375 +-     0.1246
+VERT  SIN   :      -0.5008 +-     0.3503
+VERT  COS   :       1.5660 +-     0.3512
+VERT  SIN   :      -0.0903 +-     0.3473
+VERT  COS   :       0.8952 +-     0.3522
```

+VERT VL : 0.0075 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 4.5324 +- 0.1746

End Time : Thu Feb 22 13:17:39 2018

Total Time : 0

EK-6 ADAN istasyonu WN+FN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output ADAN_wn_fn.out vyas1_ADAN.neu
 Data from file : vyas1_ADAN.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:11:10 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -1.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020481 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.132539 seconds
 wh_only = 12.92316168 (-1300.7928), cn_only = 11.23810033 (-916.3324)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1156.40070306 radius =     10.810717 wh =      7.644332 cn = 7.644332
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -1057.78748003 radius =   10.550582 wh =    4.922529 cn =    9.331854
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -989.20037144 radius =   10.732326 wh =    3.171572 cn =   10.252997
 Next choice of angle = 10.623060
 angle = 10.623060 mle = -949.35450483 radius =   10.963131 wh =    2.021020 cn =   10.775237
 Next choice of angle =  6.565412
 angle =  6.565412 mle = -930.02185780 radius =   11.113462 wh =    1.270685 cn =   11.040579
 Next choice of angle =  4.057648
 angle =  4.057648 mle = -921.74644730 radius =   11.186835 wh =    0.791582 cn =   11.158794
 Next choice of angle =  2.507764
 angle =  2.507764 mle = -918.42931690 radius =   11.217925 wh =    0.490838 cn =   11.207182
 Next choice of angle =  1.549884
 angle =  1.549884 mle = -917.13767474 radius =   11.230304 wh =    0.303749 cn =   11.226195
 Next choice of angle =  0.957881
 angle =  0.957881 mle = -916.64060937 radius =   11.235109 wh =    0.187822 cn =   11.233539
 Next choice of angle =  0.592003
 angle =  0.592003 mle = -916.45020076 radius =   11.236956 wh =    0.116103 cn =   11.236356
 Next choice of angle =  0.365878
 angle =  0.365878 mle = -916.37739103 radius =   11.237663 wh =    0.071761 cn =   11.237434
 Next choice of angle =  0.226125
 angle =  0.226125 mle = -916.34956848 radius =   11.237933 wh =    0.044352 cn =   11.237846
 Next choice of angle =  0.139753
 angle =  0.139753 mle = -916.33893951 radius =   11.238036 wh =    0.027411 cn =   11.238003
 Next choice of angle =  0.086372
```

angle = 0.086372 mle = -916.33487935 radius = 11.238076 wh = 0.016941 cn = 11.238063
Next choice of angle = 0.053381
angle = 0.053381 mle = -916.33332847 radius = 11.238091 wh = 0.010470 cn = 11.238086
Next choice of angle = 0.032991
angle = 0.032991 mle = -916.33273608 radius = 11.238097 wh = 0.006471 cn = 11.238095
Next choice of angle = 0.020390
angle = 0.020390 mle = -916.33250981 radius = 11.238099 wh = 0.003999 cn = 11.238098
Next choice of angle = 0.012602
angle = 0.012602 mle = -916.33242338 radius = 11.238100 wh = 0.002472 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.007788
angle = 0.007788 mle = -916.33239037 radius = 11.238100 wh = 0.001528 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.004813
angle = 0.004813 mle = -916.33237776 radius = 11.238100 wh = 0.000944 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.002975
angle = 0.002975 mle = -916.33237294 radius = 11.238100 wh = 0.000583 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.001839
angle = 0.001839 mle = -916.33237110 radius = 11.238100 wh = 0.000361 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.001136
angle = 0.001136 mle = -916.33237040 radius = 11.238100 wh = 0.000223 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000702
angle = 0.000702 mle = -916.33237013 radius = 11.238100 wh = 0.000138 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000434
angle = 0.000434 mle = -916.33237003 radius = 11.238100 wh = 0.000085 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000268
angle = 0.000268 mle = -916.33236999 radius = 11.238100 wh = 0.000053 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000166
angle = 0.000166 mle = -916.33236997 radius = 11.238100 wh = 0.000033 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000102
angle = 0.000102 mle = -916.33236997 radius = 11.238100 wh = 0.000020 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000063
angle = 0.000063 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000012 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000039
angle = 0.000039 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000008 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000024
angle = 0.000024 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000005 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000015
angle = 0.000015 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000003 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000009
angle = 0.000009 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000002 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000006
angle = 0.000006 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000001 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000004
angle = 0.000004 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000001 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000002
angle = 0.000002 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000001
angle = 0.000001 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000001
angle = 0.000001 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100

Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -916.33236996 radius = 11.238100 wh = 0.000000 cn = 11.238100

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -1156.40070306 wh = 7.644332 cn = 7.644332
Angle = 27.811530 mle = -1057.78748003 wh = 4.922529 cn = 9.331854
Angle = 17.188471 mle = -989.20037144 wh = 3.171572 cn = 10.252997
Angle = 10.623060 mle = -949.35450483 wh = 2.021020 cn = 10.775237
Angle = 6.565412 mle = -930.02185780 wh = 1.270685 cn = 11.040579
Angle = 4.057648 mle = -921.74644730 wh = 0.791582 cn = 11.158794
Angle = 2.507764 mle = -918.42931690 wh = 0.490838 cn = 11.207182
Angle = 1.549884 mle = -917.13767474 wh = 0.303749 cn = 11.226195
Angle = 0.957881 mle = -916.64060937 wh = 0.187822 cn = 11.233539
Angle = 0.592003 mle = -916.45020076 wh = 0.116103 cn = 11.236356
Angle = 0.365878 mle = -916.37739103 wh = 0.071761 cn = 11.237434
Angle = 0.226125 mle = -916.34956848 wh = 0.044352 cn = 11.237846
Angle = 0.139753 mle = -916.33893951 wh = 0.027411 cn = 11.238003
Angle = 0.086372 mle = -916.33487935 wh = 0.016941 cn = 11.238063
Angle = 0.053381 mle = -916.33332847 wh = 0.010470 cn = 11.238086
Angle = 0.032991 mle = -916.33273608 wh = 0.006471 cn = 11.238095
Angle = 0.020390 mle = -916.33250981 wh = 0.003999 cn = 11.238098
Angle = 0.012602 mle = -916.33242338 wh = 0.002472 cn = 11.238100
Angle = 0.007788 mle = -916.33239037 wh = 0.001528 cn = 11.238100
Angle = 0.004813 mle = -916.33237776 wh = 0.000944 cn = 11.238100
Angle = 0.002975 mle = -916.33237294 wh = 0.000583 cn = 11.238100
Angle = 0.001839 mle = -916.33237110 wh = 0.000361 cn = 11.238100
Angle = 0.001136 mle = -916.33237040 wh = 0.000223 cn = 11.238100
Angle = 0.000702 mle = -916.33237013 wh = 0.000138 cn = 11.238100
Angle = 0.000434 mle = -916.33237003 wh = 0.000085 cn = 11.238100
Angle = 0.000268 mle = -916.33236999 wh = 0.000053 cn = 11.238100

```
 Angle =  0.000166 mle = -916.33236997 wh =     0.000033 cn =    11.238100
 Angle =  0.000102 mle = -916.33236997 wh =     0.000020 cn =    11.238100
 Angle =  0.000063 mle = -916.33236996 wh =     0.000012 cn =    11.238100
 Angle =  0.000039 mle = -916.33236996 wh =     0.000008 cn =    11.238100
 Angle =  0.000024 mle = -916.33236996 wh =     0.000005 cn =    11.238100
 Angle =  0.000015 mle = -916.33236996 wh =     0.000003 cn =    11.238100
 Angle =  0.000009 mle = -916.33236996 wh =     0.000002 cn =    11.238100
 Angle =  0.000006 mle = -916.33236996 wh =     0.000001 cn =    11.238100
 Angle =  0.000004 mle = -916.33236996 wh =     0.000001 cn =    11.238100
 Angle =  0.000002 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000001 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000001 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
 Angle =  0.000000 mle = -916.33236996 wh =     0.000000 cn =    11.238100
+NORT  MLE    :    -916.332370
+NORT  INTER  :      50.0688 +-     0.6060
+NORT  SLOPE  :      8.1435 +-       -nan
+NORT  SIN    :      6.6201 +-     1.2780
+NORT  COS    :     -5.8661 +-     1.3164
+NORT  SIN    :      0.3970 +-     1.7766
+NORT  COS    :     -0.3219 +-     1.8039
+NORT  VL     :     -0.0131 +-     0.0003
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :      0.0000 +-    -0.0000

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -1.0000
+NORT  PL     :     11.2381 +-     2.2756

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :     -1.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017046 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.116743 seconds
 wh_only = 8.51223706 (-1164.2650), cn_only = 8.97257667 (-842.7126)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1034.72363474 radius =    7.451660 wh =    5.269120 cn =    5.269120
```

Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -953.86619536 radius = 7.678153 wh = 3.582355 cn = 6.791227
Next choice of angle = 17.188471
angle = 17.188471 mle = -899.17930005 radius = 8.149581 wh = 2.408330 cn = 7.785603
Next choice of angle = 10.623060
angle = 10.623060 mle = -868.01323144 radius = 8.548774 wh = 1.575940 cn = 8.402258
Next choice of angle = 6.565412
angle = 6.565412 mle = -853.12758733 radius = 8.784655 wh = 1.004415 cn = 8.727045
Next choice of angle = 4.057648
angle = 4.057648 mle = -846.81754841 radius = 8.895960 wh = 0.629479 cn = 8.873661
Next choice of angle = 2.507764
angle = 2.507764 mle = -844.30018801 radius = 8.942528 wh = 0.391278 cn = 8.933964
Next choice of angle = 1.549884
angle = 1.549884 mle = -843.32193473 radius = 8.960980 wh = 0.242370 cn = 8.957702
Next choice of angle = 0.957881
angle = 0.957881 mle = -842.94577316 radius = 8.968129 wh = 0.149924 cn = 8.966876
Next choice of angle = 0.592003
angle = 0.592003 mle = -842.80172347 radius = 8.970875 wh = 0.092689 cn = 8.970397
Next choice of angle = 0.365878
angle = 0.365878 mle = -842.74664738 radius = 8.971926 wh = 0.057292 cn = 8.971744
Next choice of angle = 0.226125
angle = 0.226125 mle = -842.72560229 radius = 8.972328 wh = 0.035410 cn = 8.972258
Next choice of angle = 0.139753
angle = 0.139753 mle = -842.71756263 radius = 8.972482 wh = 0.021885 cn = 8.972455
Next choice of angle = 0.086372
angle = 0.086372 mle = -842.71449158 radius = 8.972540 wh = 0.013526 cn = 8.972530
Next choice of angle = 0.053381
angle = 0.053381 mle = -842.71331852 radius = 8.972563 wh = 0.008359 cn = 8.972559
Next choice of angle = 0.032991
angle = 0.032991 mle = -842.71287045 radius = 8.972571 wh = 0.005166 cn = 8.972570
Next choice of angle = 0.020390
angle = 0.020390 mle = -842.71269930 radius = 8.972575 wh = 0.003193 cn = 8.972574
Next choice of angle = 0.012602
angle = 0.012602 mle = -842.71263393 radius = 8.972576 wh = 0.001973 cn = 8.972576
Next choice of angle = 0.007788
angle = 0.007788 mle = -842.71260896 radius = 8.972576 wh = 0.001220 cn = 8.972576
Next choice of angle = 0.004813
angle = 0.004813 mle = -842.71259942 radius = 8.972577 wh = 0.000754 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.002975
angle = 0.002975 mle = -842.71259578 radius = 8.972577 wh = 0.000466 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.001839
angle = 0.001839 mle = -842.71259439 radius = 8.972577 wh = 0.000288 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.001136
angle = 0.001136 mle = -842.71259386 radius = 8.972577 wh = 0.000178 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000702
angle = 0.000702 mle = -842.71259365 radius = 8.972577 wh = 0.000110 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000434
angle = 0.000434 mle = -842.71259358 radius = 8.972577 wh = 0.000068 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000268
angle = 0.000268 mle = -842.71259355 radius = 8.972577 wh = 0.000042 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000166
angle = 0.000166 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000026 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000102
angle = 0.000102 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000016 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000063

angle = 0.000063 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000010 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000039
angle = 0.000039 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000006 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000024
angle = 0.000024 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000004 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000015
angle = 0.000015 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000002 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000009
angle = 0.000009 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000006
angle = 0.000006 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000004
angle = 0.000004 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000002
angle = 0.000002 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000001
angle = 0.000001 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000001
angle = 0.000001 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -842.71259353 radius = 8.972577 wh = 0.000000 cn = 8.972577

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -1034.72363474 wh = 5.269120 cn = 5.269120

Angle = 27.811530 mle = -953.86619536 wh = 3.582355 cn = 6.791227
Angle = 17.188471 mle = -899.17930005 wh = 2.408330 cn = 7.785603
Angle = 10.623060 mle = -868.01323144 wh = 1.575940 cn = 8.402258
Angle = 6.565412 mle = -853.12758733 wh = 1.004415 cn = 8.727045
Angle = 4.057648 mle = -846.81754841 wh = 0.629479 cn = 8.873661
Angle = 2.507764 mle = -844.30018801 wh = 0.391278 cn = 8.933964
Angle = 1.549884 mle = -843.32193473 wh = 0.242370 cn = 8.957702
Angle = 0.957881 mle = -842.94577316 wh = 0.149924 cn = 8.966876
Angle = 0.592003 mle = -842.80172347 wh = 0.092689 cn = 8.970397
Angle = 0.365878 mle = -842.74664738 wh = 0.057292 cn = 8.971744
Angle = 0.226125 mle = -842.72560229 wh = 0.035410 cn = 8.972258
Angle = 0.139753 mle = -842.71756263 wh = 0.021885 cn = 8.972455
Angle = 0.086372 mle = -842.71449158 wh = 0.013526 cn = 8.972530
Angle = 0.053381 mle = -842.71331852 wh = 0.008359 cn = 8.972559
Angle = 0.032991 mle = -842.71287045 wh = 0.005166 cn = 8.972570
Angle = 0.020390 mle = -842.71269930 wh = 0.003193 cn = 8.972574
Angle = 0.012602 mle = -842.71263393 wh = 0.001973 cn = 8.972576
Angle = 0.007788 mle = -842.71260896 wh = 0.001220 cn = 8.972576
Angle = 0.004813 mle = -842.71259942 wh = 0.000754 cn = 8.972577
Angle = 0.002975 mle = -842.71259578 wh = 0.000466 cn = 8.972577
Angle = 0.001839 mle = -842.71259439 wh = 0.000288 cn = 8.972577
Angle = 0.001136 mle = -842.71259386 wh = 0.000178 cn = 8.972577
Angle = 0.000702 mle = -842.71259365 wh = 0.000110 cn = 8.972577
Angle = 0.000434 mle = -842.71259358 wh = 0.000068 cn = 8.972577
Angle = 0.000268 mle = -842.71259355 wh = 0.000042 cn = 8.972577
Angle = 0.000166 mle = -842.71259353 wh = 0.000026 cn = 8.972577
Angle = 0.000102 mle = -842.71259353 wh = 0.000016 cn = 8.972577
Angle = 0.000063 mle = -842.71259353 wh = 0.000010 cn = 8.972577
Angle = 0.000039 mle = -842.71259353 wh = 0.000006 cn = 8.972577
Angle = 0.000024 mle = -842.71259353 wh = 0.000004 cn = 8.972577
Angle = 0.000015 mle = -842.71259353 wh = 0.000002 cn = 8.972577
Angle = 0.000009 mle = -842.71259353 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Angle = 0.000006 mle = -842.71259353 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Angle = 0.000004 mle = -842.71259353 wh = 0.000001 cn = 8.972577
Angle = 0.000002 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000001 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000001 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
Angle = 0.000000 mle = -842.71259353 wh = 0.000000 cn = 8.972577
+EAST MLE : -842.712594
+EAST INTER : 3.4842 +- 0.7590

```
+EAST  SLOPE  :       0.8756 +-       -nan
+EAST  SIN    :       6.5615 +-      1.6007
+EAST  COS    :      -7.4628 +-      1.6488
+EAST  SIN    :      -0.5709 +-      2.2252
+EAST  COS    :      -0.0190 +-      2.2594
+EAST  VL     :       0.0084 +-      0.0002
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :       0.0000 +-     -0.0000

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :       8.9726 +-      2.8502

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :      -1.0000
+VERT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017289 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.116802 seconds
 wh_only = 5.70605917 (-1033.4728), cn_only = 13.47904304 (-975.7896)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -994.39977158 radius =    6.587160 wh =    4.657826 cn =    4.657826
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -979.28518598 radius =    8.298816 wh =    3.871934 cn =    7.340196
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -973.87555170 radius =   10.240961 wh =    3.026366 cn =    9.783577
 Next choice of angle =  3.366998
 angle =  3.366998 mle = -975.40008557 radius =   13.266895 wh =    0.779183 cn =   13.243994
 Next choice of angle = 12.453777
 angle = 12.453777 mle = -973.41121519 radius =   11.358050 wh =    2.449385 cn =   11.090798
 Next choice of angle = 12.682770
 angle = 12.682770 mle = -973.40119074 radius =   11.301958 wh =    2.481377 cn =   11.026197
 Next choice of angle = 13.263537
 angle = 13.263537 mle = -973.39032154 radius =   11.160195 wh =    2.560487 cn =   10.862497
 Next choice of angle = 13.275514
 angle = 13.275514 mle = -973.39031925 radius =   11.157280 wh =    2.562089 cn =   10.859125
 Next choice of angle = 13.272574
 angle = 13.272574 mle = -973.39031898 radius =   11.157996 wh =    2.561696 cn =   10.859953
 Next choice of angle = 13.272442
 angle = 13.272442 mle = -973.39031898 radius =   11.158028 wh =    2.561678 cn =   10.859990
 Next choice of angle = 13.272707
 angle = 13.272707 mle = -973.39031898 radius =   11.157963 wh =    2.561714 cn =   10.859916

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -994.39977158 wh =    4.657826 cn =    4.657826
 Angle = 27.811530 mle = -979.28518598 wh =    3.871934 cn =    7.340196
 Angle = 17.188471 mle = -973.87555170 wh =    3.026366 cn =    9.783577
 Angle =  3.366998 mle = -975.40008557 wh =    0.779183 cn =   13.243994
 Angle = 12.453777 mle = -973.41121519 wh =    2.449385 cn =   11.090798
 Angle = 12.682770 mle = -973.40119074 wh =    2.481377 cn =   11.026197
 Angle = 13.263537 mle = -973.39032154 wh =    2.560487 cn =   10.862497
```

```
 Angle = 13.275514 mle = -973.39031925 wh =    2.562089 cn =   10.859125
 Angle = 13.272574 mle = -973.39031898 wh =    2.561696 cn =   10.859953
 Angle = 13.272442 mle = -973.39031898 wh =    2.561678 cn =   10.859990
 Angle = 13.272707 mle = -973.39031898 wh =    2.561714 cn =   10.859916
+VERT  MLE   :    -973.390319
+VERT  INTER :      14.1322 +-     2.3544
+VERT  SLOPE :       1.8817 +-     0.7070
+VERT  SIN   :       3.0908 +-     0.7840
+VERT  COS   :      -1.1059 +-     0.7628
+VERT  SIN   :      -0.1561 +-     0.5810
+VERT  COS   :       0.0202 +-     0.5734
+VERT  VL    :       0.0102 +-     0.0003
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :       2.5617 +-     0.5424

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :      -1.0000
+VERT  PL    :      10.8600 +-     1.2004

 End Time : Thu Feb 22 13:11:12 2018

 Total Time : 2
```

EK-7 AKDG istasyonu WN+FN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output AKDG_wn_fn.out vyas1_AKDG.neu
 Data from file : vyas1_AKDG.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 324
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:12:30 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -1.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020645 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.125299 seconds
 wh_only = 1.72551932 (-638.4516), cn_only = 4.51581737 (-614.7543)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -609.13862521 radius =    2.050975 wh =    1.450259 cn =    1.450259
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -604.45684988 radius =    2.666916 wh =    1.244289 cn =    2.358853
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -606.45447265 radius =    3.365715 wh =    0.994622 cn =    3.215395
 Next choice of angle = 28.179370
 angle = 28.179370 mle = -604.46545200 radius =    2.647914 wh =    1.250434 cn =    2.334066
 Next choice of angle = 27.387622
 angle = 27.387622 mle = -604.45276082 radius =    2.689209 wh =    1.237058 cn =    2.387789
 Next choice of angle = 27.321642
 angle = 27.321642 mle = -604.45269039 radius =    2.692718 wh =    1.235918 cn =    2.392329
 Next choice of angle = 27.324156
 angle = 27.324156 mle = -604.45269027 radius =    2.692584 wh =    1.235961 cn =    2.392156
 Next choice of angle = 27.324429
 angle = 27.324429 mle = -604.45269027 radius =    2.692569 wh =    1.235966 cn =    2.392137
 Next choice of angle = 27.324703
 angle = 27.324703 mle = -604.45269027 radius =    2.692555 wh =    1.235971 cn =    2.392118

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -609.13862521 wh =    1.450259 cn =    1.450259
 Angle = 27.811530 mle = -604.45684988 wh =    1.244289 cn =    2.358853
 Angle = 17.188471 mle = -606.45447265 wh =    0.994622 cn =    3.215395
 Angle = 28.179370 mle = -604.46545200 wh =    1.250434 cn =    2.334066
 Angle = 27.387622 mle = -604.45276082 wh =    1.237058 cn =    2.387789
 Angle = 27.321642 mle = -604.45269039 wh =    1.235918 cn =    2.392329
 Angle = 27.324156 mle = -604.45269027 wh =    1.235961 cn =    2.392156
```

```
 Angle = 27.324429 mle = -604.45269027 wh =    1.235966 cn =    2.392137
 Angle = 27.324703 mle = -604.45269027 wh =    1.235971 cn =    2.392118
+NORT  MLE    :    -604.452690
+NORT  INTER  :      50.6233 +-     0.5692
+NORT  SLOPE  :       2.3352 +-     0.1621
+NORT  SIN    :       0.0374 +-     0.1942
+NORT  COS    :       0.1146 +-     0.1890
+NORT  SIN    :      -0.3284 +-     0.1542
+NORT  COS    :      -0.1929 +-     0.1539
+NORT  VL     :      -0.0125 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       1.2360 +-     0.1042

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -1.0000
+NORT  PL     :       2.3921 +-     0.3788

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016385 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.112369 seconds
 wh_only = 1.79431546 (-651.1577), cn_only = 4.24956522 (-595.0042)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -607.47700877 radius =    2.040516 wh =    1.442863 cn =    1.442863
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -594.41918576 radius =    2.585807 wh =    1.206446 cn =    2.287113
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -591.34982242 radius =    3.212870 wh =    0.949454 cn =    3.069376
 Next choice of angle = 13.965023
 angle = 13.965023 mle = -591.51705304 radius =    3.454334 wh =    0.833633 cn =    3.352235
 Next choice of angle = 16.630621
 angle = 16.630621 mle = -591.33941073 radius =    3.253249 wh =    0.931082 cn =    3.117165
 Next choice of angle = 16.556922
 angle = 16.556922 mle = -591.33926988 radius =    3.258633 wh =    0.928605 cn =    3.123521
 Next choice of angle = 16.557747
 angle = 16.557747 mle = -591.33926986 radius =    3.258573 wh =    0.928633 cn =    3.123450
 Next choice of angle = 16.557913
 angle = 16.557913 mle = -591.33926986 radius =    3.258561 wh =    0.928639 cn =    3.123435
 Next choice of angle = 16.557582
 angle = 16.557582 mle = -591.33926986 radius =    3.258585 wh =    0.928628 cn =    3.123464

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -607.47700877 wh =    1.442863 cn =    1.442863
 Angle = 27.811530 mle = -594.41918576 wh =    1.206446 cn =    2.287113
 Angle = 17.188471 mle = -591.34982242 wh =    0.949454 cn =    3.069376
 Angle = 13.965023 mle = -591.51705304 wh =    0.833633 cn =    3.352235
 Angle = 16.630621 mle = -591.33941073 wh =    0.931082 cn =    3.117165
 Angle = 16.556922 mle = -591.33926988 wh =    0.928605 cn =    3.123521
 Angle = 16.557747 mle = -591.33926986 wh =    0.928633 cn =    3.123450
```

```
 Angle = 16.557913 mle = -591.33926986 wh =     0.928639 cn =     3.123435
 Angle = 16.557582 mle = -591.33926986 wh =     0.928628 cn =     3.123464
+EAST  MLE    :    -591.339270
+EAST  INTER  :       0.8583 +-      0.6914
+EAST  SLOPE  :      -0.6490 +-      0.2050
+EAST  SIN    :      -1.2358 +-      0.2304
+EAST  COS    :      -1.5177 +-      0.2235
+EAST  SIN    :       0.5362 +-      0.1723
+EAST  COS    :       0.3315 +-      0.1713
+EAST  VL     :      -0.0020 +-      0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :       0.9286 +-      0.1506

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :       3.1234 +-      0.3940

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :      -1.0000
+VERT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016454 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.110629 seconds
 wh_only = 6.22083075 (-1055.2236), cn_only = 17.23423649 (-1050.0306)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1040.46238130 radius =    7.732757 wh =    5.467885 cn =    5.467885
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -1038.53122093 radius =   10.140489 wh =    4.731193 cn =    8.969131
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -1041.18705933 radius =   12.823497 wh =    3.789546 cn =
12.250772
 Next choice of angle = 32.094180
 angle = 32.094180 mle = -1038.46003221 radius =    9.357165 wh =    4.971579 cn =    7.927165
 Next choice of angle = 30.784523
 angle = 30.784523 mle = -1038.43362027 radius =    9.581038 wh =    4.903679 cn =    8.231052
 Next choice of angle = 30.624496
 angle = 30.624496 mle = -1038.43316344 radius =    9.609303 wh =    4.895069 cn =    8.269039
 Next choice of angle = 30.583340
 angle = 30.583340 mle = -1038.43314602 radius =    9.616605 wh =    4.892843 cn =    8.278839
 Next choice of angle = 30.586405
 angle = 30.586405 mle = -1038.43314590 radius =    9.616060 wh =    4.893009 cn =    8.278108
 Next choice of angle = 30.586711
 angle = 30.586711 mle = -1038.43314590 radius =    9.616006 wh =    4.893025 cn =    8.278036
 Next choice of angle = 30.586099
 angle = 30.586099 mle = -1038.43314590 radius =    9.616115 wh =    4.892992 cn =    8.278181

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -1040.46238130 wh =     5.467885 cn =     5.467885
 Angle = 27.811530 mle = -1038.53122093 wh =     4.731193 cn =     8.969131
 Angle = 17.188471 mle = -1041.18705933 wh =     3.789546 cn =    12.250772
 Angle = 32.094180 mle = -1038.46003221 wh =     4.971579 cn =     7.927165
```

```
 Angle = 30.784523 mle = -1038.43362027 wh =    4.903679 cn =    8.231052
 Angle = 30.624496 mle = -1038.43316344 wh =    4.895069 cn =    8.269039
 Angle = 30.583340 mle = -1038.43314602 wh =    4.892843 cn =    8.278839
 Angle = 30.586405 mle = -1038.43314590 wh =    4.893009 cn =    8.278108
 Angle = 30.586711 mle = -1038.43314590 wh =    4.893025 cn =    8.278036
 Angle = 30.586099 mle = -1038.43314590 wh =    4.892992 cn =    8.278181
+VERT  MLE   :   -1038.433146
+VERT  INTER :     13.1148 +-     2.0175
+VERT  SLOPE :      1.5050 +-     0.5674
+VERT  SIN   :     -1.8598 +-     0.6985
+VERT  COS   :      2.5426 +-     0.6807
+VERT  SIN   :      0.5794 +-     0.5651
+VERT  COS   :      0.1411 +-     0.5651
+VERT  VL    :      0.0142 +-     0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      4.8930 +-     0.3970

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -1.0000
+VERT  PL    :      8.2781 +-     1.5635

 End Time : Thu Feb 22 13:12:31 2018

 Total Time : 1
```

EK-8 AKSR istasyonu WN+FN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output AKSR_wn_fn.out vyas1_AKSR.neu
 Data from file : vyas1_AKSR.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:13:35 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -1.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020047 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.123806 seconds
 wh_only = 1.92685351 (-678.4684), cn_only = 3.51343939 (-536.1932)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -578.54683271 radius =    1.846646 wh =    1.305776 cn =    1.305776
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -549.65986700 radius =    2.230479 wh =    1.040663 cn =    1.972830
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -539.47734006 radius =    2.712467 wh =    0.801577 cn =    2.591323
 Next choice of angle =  4.040451
 angle =  4.040451 mle = -536.12929342 radius =    3.439949 wh =    0.242381 cn =    3.431399
 Next choice of angle =  6.314678
 angle =  6.314678 mle = -536.13273791 radius =    3.343931 wh =    0.367795 cn =    3.323643
 Next choice of angle =  5.145033
 angle =  5.145033 mle = -536.11824538 radius =    3.397240 wh =    0.304655 cn =    3.383552
 Next choice of angle =  5.100653
 angle =  5.100653 mle = -536.11831425 radius =    3.399109 wh =    0.302200 cn =    3.385649
 Next choice of angle =  5.220186
 angle =  5.220186 mle = -536.11821674 radius =    3.394048 wh =    0.308802 cn =    3.379971
 Next choice of angle =  5.202066
 angle =  5.202066 mle = -536.11821336 radius =    3.394821 wh =    0.307803 cn =    3.380838
 Next choice of angle =  5.201759
 angle =  5.201759 mle = -536.11821336 radius =    3.394834 wh =    0.307786 cn =    3.380853
 Next choice of angle =  5.201841
 angle =  5.201841 mle = -536.11821336 radius =    3.394830 wh =    0.307791 cn =    3.380849
 Next choice of angle =  5.201893
 angle =  5.201893 mle = -536.11821336 radius =    3.394828 wh =    0.307794 cn =    3.380846

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -578.54683271 wh =    1.305776 cn =    1.305776
```

```
Angle = 27.811530 mle = -549.65986700 wh =    1.040663 cn =    1.972830
Angle = 17.188471 mle = -539.47734006 wh =    0.801577 cn =    2.591323
Angle =  4.040451 mle = -536.12929342 wh =    0.242381 cn =    3.431399
Angle =  6.314678 mle = -536.13273791 wh =    0.367795 cn =    3.323643
Angle =  5.145033 mle = -536.11824538 wh =    0.304655 cn =    3.383552
Angle =  5.100653 mle = -536.11831425 wh =    0.302200 cn =    3.385649
Angle =  5.220186 mle = -536.11821674 wh =    0.308802 cn =    3.379971
Angle =  5.202066 mle = -536.11821336 wh =    0.307803 cn =    3.380838
Angle =  5.201759 mle = -536.11821336 wh =    0.307786 cn =    3.380853
Angle =  5.201841 mle = -536.11821336 wh =    0.307791 cn =    3.380849
Angle =  5.201893 mle = -536.11821336 wh =    0.307794 cn =    3.380846
+NORT  MLE    :    -536.118213
+NORT  INTER  :      52.2029 +-     0.7026
+NORT  SLOPE  :       2.3951 +-     0.2170
+NORT  SIN    :       0.6055 +-     0.2368
+NORT  COS    :       0.6802 +-     0.2298
+NORT  SIN    :      -0.2717 +-     0.1713
+NORT  COS    :      -0.2612 +-     0.1682
+NORT  VL     :      -0.0137 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       0.3078 +-     0.3899

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -1.0000
+NORT  PL     :       3.3808 +-     0.3627

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

Time taken to create covariance matrix : 0.016865 seconds
Time taken to compute eigen value and vectors : 0.119983 seconds
wh_only = 1.71956068 (-641.2494), cn_only = 3.85565056 (-566.5859)
Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
Angle = 45.000000 mle = -583.99961496 radius =    1.877697 wh =    1.327732 cn =    1.327732
Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -569.33794744 radius =    2.368825 wh =    1.105210 cn =    2.095195
Next choice of angle = 17.188471
angle = 17.188471 mle = -565.39245889 radius =    2.936181 wh =    0.867688 cn =    2.805045
Next choice of angle = 11.775629
angle = 11.775629 mle = -565.15605964 radius =    3.305878 wh =    0.674662 cn =    3.236303
Next choice of angle = 13.413580
angle = 13.413580 mle = -565.10257471 radius =    3.191095 wh =    0.740265 cn =    3.104045
Next choice of angle = 13.402071
angle = 13.402071 mle = -565.10259071 radius =    3.191898 wh =    0.739828 cn =    3.104974
Next choice of angle = 13.443991
angle = 13.443991 mle = -565.10255775 radius =    3.188974 wh =    0.741420 cn =    3.101589
Next choice of angle = 13.442835
angle = 13.442835 mle = -565.10255772 radius =    3.189054 wh =    0.741376 cn =    3.101682
Next choice of angle = 13.442700
angle = 13.442700 mle = -565.10255772 radius =    3.189064 wh =    0.741371 cn =    3.101693
Next choice of angle = 13.442969
```

```
angle = 13.442969 mle = -565.10255772 radius =    3.189045 wh =    0.741381 cn =    3.101671

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -583.99961496 wh =    1.327732 cn =    1.327732
Angle = 27.811530 mle = -569.33794744 wh =    1.105210 cn =    2.095195
Angle = 17.188471 mle = -565.39245889 wh =    0.867688 cn =    2.805045
Angle = 11.775629 mle = -565.15605964 wh =    0.674662 cn =    3.236303
Angle = 13.413580 mle = -565.10257471 wh =    0.740265 cn =    3.104045
Angle = 13.402071 mle = -565.10259071 wh =    0.739828 cn =    3.104974
Angle = 13.443991 mle = -565.10255775 wh =    0.741420 cn =    3.101589
Angle = 13.442835 mle = -565.10255772 wh =    0.741376 cn =    3.101682
Angle = 13.442700 mle = -565.10255772 wh =    0.741371 cn =    3.101693
Angle = 13.442969 mle = -565.10255772 wh =    0.741381 cn =    3.101671
+EAST  MLE    :    -565.102558
+EAST  INTER  :      1.7602 +-     0.6796
+EAST  SLOPE  :     -0.7339 +-     0.2027
+EAST  SIN    :     -0.4701 +-     0.2241
+EAST  COS    :     -1.5789 +-     0.2180
+EAST  SIN    :      0.1803 +-     0.1665
+EAST  COS    :      0.0291 +-     0.1635
+EAST  VL     :     -0.0013 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      0.7414 +-     0.1924

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :     -1.0000
+EAST  PL     :      3.1017 +-     0.4228

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :     IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :     -1.0000
+VERT  PL     :     IS FREE

Time taken to create covariance matrix : 0.016870 seconds
Time taken to compute eigen value and vectors : 0.113733 seconds
wh_only = 4.34020172 (-944.0030), cn_only = 12.23716908 (-944.2507)
Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
Angle = 45.000000 mle = -932.95323373 radius =    5.458547 wh =    3.859776 cn =    3.859776
Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -932.31282211 radius =    7.187971 wh =    3.353653 cn =    6.357668
Next choice of angle = 17.188471
angle = 17.188471 mle = -935.24832659 radius =    9.099028 wh =    2.688907 cn =    8.692645
Next choice of angle = 34.753603
angle = 34.753603 mle = -931.99912489 radius =    6.329234 wh =    3.607970 cn =    5.200169
Next choice of angle = 34.090539
angle = 34.090539 mle = -931.98970297 radius =    6.400376 wh =    3.587425 cn =    5.300490
Next choice of angle = 33.671007
angle = 33.671007 mle = -931.98760492 radius =    6.446478 wh =    3.574078 cn =    5.364983
Next choice of angle = 33.586815
angle = 33.586815 mle = -931.98755170 radius =    6.455833 wh =    3.571366 cn =    5.378022
Next choice of angle = 33.592472
angle = 33.592472 mle = -931.98755139 radius =    6.455203 wh =    3.571548 cn =    5.377145
```

```
Next choice of angle = 33.592808
angle = 33.592808 mle = -931.98755139 radius =    6.455166 wh =    3.571559 cn =    5.377093
Next choice of angle = 33.593144
angle = 33.593144 mle = -931.98755139 radius =    6.455128 wh =    3.571570 cn =    5.377041

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -932.95323373 wh =    3.859776 cn =    3.859776
Angle = 27.811530 mle = -932.31282211 wh =    3.353653 cn =    6.357668
Angle = 17.188471 mle = -935.24832659 wh =    2.688907 cn =    8.692645
Angle = 34.753603 mle = -931.99912489 wh =    3.607970 cn =    5.200169
Angle = 34.090539 mle = -931.98970297 wh =    3.587425 cn =    5.300490
Angle = 33.671007 mle = -931.98760492 wh =    3.574078 cn =    5.364983
Angle = 33.586815 mle = -931.98755170 wh =    3.571366 cn =    5.378022
Angle = 33.592472 mle = -931.98755139 wh =    3.571548 cn =    5.377145
Angle = 33.592808 mle = -931.98755139 wh =    3.571559 cn =    5.377093
Angle = 33.593144 mle = -931.98755139 wh =    3.571570 cn =    5.377041
+VERT  MLE    :    -931.987551
+VERT  INTER  :     13.0392 +-     1.3546
+VERT  SLOPE  :      1.6969 +-     0.3741
+VERT  SIN    :     -0.5953 +-     0.4702
+VERT  COS    :      2.5660 +-     0.4618
+VERT  SIN    :     0.4637 +-     0.3914
+VERT  COS    :      0.4980 +-     0.3856
+VERT  VL     :     0.0108 +-     0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      3.5716 +-     0.2810

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :     -1.0000
+VERT  PL     :     5.3771 +-     1.1903

End Time : Thu Feb 22 13:13:36 2018

Total Time : 1
```

EK-9 ANRK istasyonu WN+FN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output ANRK_wn_fn.out vyas1_ANRK.neu
 Data from file : vyas1_ANRK.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 334
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:17:10 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :       IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -1.0000
+NORT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.022287 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.14385 seconds
 wh_only = 1.78490641 (-669.4320), cn_only = 3.82756798 (-577.3640)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -602.73090619 radius =    1.903276 wh =    1.345819 cn =    1.345819
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -582.78764973 radius =    2.366939 wh =    1.104330 cn =    2.093527
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -576.52638818 radius =    2.915767 wh =    0.861655 cn =    2.785542
 Next choice of angle =  8.142709
 angle =  8.142709 mle = -576.13709733 radius =    3.523841 wh =    0.499114 cn =    3.488315
 Next choice of angle = 11.890963
 angle = 11.890963 mle = -575.75673867 radius =    3.270777 wh =    0.673943 cn =    3.200591
 Next choice of angle = 11.876790
 angle = 11.876790 mle = -575.75689845 radius =    3.271759 wh =    0.673354 cn =    3.201719
 Next choice of angle = 12.117234
 angle = 12.117234 mle = -575.75569737 radius =    3.255094 wh =    0.683285 cn =    3.182571
 Next choice of angle = 14.054274
 angle = 14.054274 mle = -575.86761705 radius =    3.121794 wh =    0.758099 cn =    3.028346
 Next choice of angle = 12.087019
 angle = 12.087019 mle = -575.75567126 radius =    3.257188 wh =    0.682045 cn =    3.184978
 Next choice of angle = 12.086631
 angle = 12.086631 mle = -575.75567126 radius =    3.257215 wh =    0.682030 cn =    3.185009
 Next choice of angle = 12.086752
 angle = 12.086752 mle = -575.75567126 radius =    3.257207 wh =    0.682035 cn =    3.185000
 Next choice of angle = 12.086873
 angle = 12.086873 mle = -575.75567126 radius =    3.257198 wh =    0.682040 cn =    3.184990

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -602.73090619 wh =    1.345819 cn =    1.345819
```

```
 Angle = 27.811530 mle = -582.78764973 wh =     1.104330 cn =     2.093527
 Angle = 17.188471 mle = -576.52638818 wh =     0.861655 cn =     2.785542
 Angle =  8.142709 mle = -576.13709733 wh =     0.499114 cn =     3.488315
 Angle = 11.890963 mle = -575.75673867 wh =     0.673943 cn =     3.200591
 Angle = 11.876790 mle = -575.75689845 wh =     0.673354 cn =     3.201719
 Angle = 12.117234 mle = -575.75569737 wh =     0.683285 cn =     3.182571
 Angle = 14.054274 mle = -575.86761705 wh =     0.758099 cn =     3.028346
 Angle = 12.087019 mle = -575.75567126 wh =     0.682045 cn =     3.184978
 Angle = 12.086631 mle = -575.75567126 wh =     0.682030 cn =     3.185009
 Angle = 12.086752 mle = -575.75567126 wh =     0.682035 cn =     3.185000
 Angle = 12.086873 mle = -575.75567126 wh =     0.682040 cn =     3.184990
+NORT  MLE    :    -575.755671
+NORT  INTER  :      51.6855 +-     0.6834
+NORT  SLOPE  :       2.1617 +-     0.2066
+NORT  SIN    :      -0.1871 +-     0.2279
+NORT  COS    :       0.0827 +-     0.2212
+NORT  SIN    :       0.0923 +-     0.1668
+NORT  COS    :      -0.1704 +-     0.1658
+NORT  VL     :      -0.0082 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       0.6820 +-     0.1756

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -1.0000
+NORT  PL     :       3.1850 +-     0.3586

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.018006 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.123462 seconds
 wh_only = 1.95703272 (-700.2733), cn_only = 3.94367482 (-587.3750)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -614.28669416 radius =    1.970074 wh =    1.393053 cn =    1.393053
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -592.14086402 radius =    2.433955 wh =    1.135597 cn =    2.152802
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -586.00635828 radius =    2.999457 wh =    0.886387 cn =    2.865495
 Next choice of angle = 11.204872
 angle = 11.204872 mle = -585.55634060 radius =    3.416592 wh =    0.663905 cn =    3.351467
 Next choice of angle = 12.953335
 angle = 12.953335 mle = -585.47007059 radius =    3.291121 wh =    0.737729 cn =    3.207372
 Next choice of angle = 12.917985
 angle = 12.917985 mle = -585.47015834 radius =    3.293649 wh =    0.736315 cn =    3.210290
 Next choice of angle = 12.981037
 angle = 12.981037 mle = -585.47005174 radius =    3.289140 wh =    0.738835 cn =    3.205084
 Next choice of angle = 12.979090
 angle = 12.979090 mle = -585.47005163 radius =    3.289279 wh =    0.738757 cn =    3.205245
 Next choice of angle = 12.978960
 angle = 12.978960 mle = -585.47005163 radius =    3.289289 wh =    0.738752 cn =    3.205256
 Next choice of angle = 12.979220
```

```
angle = 12.979220 mle = -585.47005163 radius =    3.289270 wh =    0.738762 cn =    3.205234

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -614.28669416 wh =    1.393053 cn =    1.393053
Angle = 27.811530 mle = -592.14086402 wh =    1.135597 cn =    2.152802
Angle = 17.188471 mle = -586.00635828 wh =    0.886387 cn =    2.865495
Angle = 11.204872 mle = -585.55634060 wh =    0.663905 cn =    3.351467
Angle = 12.953335 mle = -585.47007059 wh =    0.737729 cn =    3.207372
Angle = 12.917985 mle = -585.47015834 wh =    0.736315 cn =    3.210290
Angle = 12.981037 mle = -585.47005174 wh =    0.738835 cn =    3.205084
Angle = 12.979090 mle = -585.47005163 wh =    0.738757 cn =    3.205245
Angle = 12.978960 mle = -585.47005163 wh =    0.738752 cn =    3.205256
Angle = 12.979220 mle = -585.47005163 wh =    0.738762 cn =    3.205234
+EAST  MLE    :    -585.470052
+EAST  INTER  :      1.1620 +-     0.6922
+EAST  SLOPE  :     -0.5735 +-     0.2084
+EAST  SIN    :     -0.5279 +-     0.2304
+EAST  COS    :     -0.9086 +-     0.2237
+EAST  SIN    :      0.2785 +-     0.1692
+EAST  COS    :     -0.0692 +-     0.1682
+EAST  VL     :     -0.0018 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      0.7388 +-     0.1691

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :     -1.0000
+EAST  PL     :      3.2052 +-     0.3666

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :     IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :     -1.0000
+VERT  PL     :     IS FREE

Time taken to create covariance matrix : 0.018628 seconds
Time taken to compute eigen value and vectors : 0.125934 seconds
wh_only = 4.94651612 (-1010.9034), cn_only = 12.41420215 (-971.5289)
Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
Angle = 45.000000 mle = -973.42136583 radius =    5.755265 wh =    4.069587 cn =    4.069587
Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -965.63760942 radius =    7.421886 wh =    3.462789 cn =    6.564562
Next choice of angle = 17.188471
angle = 17.188471 mle = -965.28765620 radius =    9.305579 wh =    2.749946 cn =    8.889972
Next choice of angle = 21.409051
angle = 21.409051 mle = -964.87917006 radius =    8.460430 wh =    3.088259 cn =    7.876645
Next choice of angle = 21.687081
angle = 21.687081 mle = -964.87977258 radius =    8.409291 wh =    3.107546 cn =    7.814047
Next choice of angle = 21.498805
angle = 21.498805 mle = -964.87901266 radius =    8.443859 wh =    3.094521 cn =    7.856380
Next choice of angle = 21.496034
angle = 21.496034 mle = -964.87901249 radius =    8.444370 wh =    3.094328 cn =    7.857005
Next choice of angle = 21.495819
angle = 21.495819 mle = -964.87901249 radius =    8.444410 wh =    3.094313 cn =    7.857053
```

Next choice of angle = 21.495604
angle = 21.495604 mle = -964.87901249 radius = 8.444449 wh = 3.094298 cn = 7.857102

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -973.42136583 wh = 4.069587 cn = 4.069587
Angle = 27.811530 mle = -965.63760942 wh = 3.462789 cn = 6.564562
Angle = 17.188471 mle = -965.28765620 wh = 2.749946 cn = 8.889972
Angle = 21.409051 mle = -964.87917006 wh = 3.088259 cn = 7.876645
Angle = 21.687081 mle = -964.87977258 wh = 3.107546 cn = 7.814047
Angle = 21.498805 mle = -964.87901266 wh = 3.094521 cn = 7.856380
Angle = 21.496034 mle = -964.87901249 wh = 3.094328 cn = 7.857005
Angle = 21.495819 mle = -964.87901249 wh = 3.094313 cn = 7.857053
Angle = 21.495604 mle = -964.87901249 wh = 3.094298 cn = 7.857102
+VERT MLE : -964.879012
+VERT INTER : 19.8657 +- 1.8021
+VERT SLOPE : 0.6836 +- 0.5228
+VERT SIN : -2.2762 +- 0.5987
+VERT COS : 3.5916 +- 0.5829
+VERT SIN : 0.5840 +- 0.4582
+VERT COS : 0.5529 +- 0.4572
+VERT VL : 0.0098 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 3.0943 +- 0.3611

+VERT POWER LAW NOISE
+VERT INDEX : -1.0000
+VERT PL : 7.8571 +- 1.1451

End Time : Thu Feb 22 13:17:12 2018

Total Time : 2

EK-10 BEYS istasyonu WN+FN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-1 --verbose --output BEYS_wn_fn.out vyas1_BEYS.neu
 Data from file : vyas1_BEYS.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 336
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:17:58 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -1.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.018683 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.12984 seconds
 wh_only = 2.02584767 (-716.1003), cn_only = 5.09561787 (-677.0819)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -674.21098127 radius =    2.328139 wh =    1.646243 cn =    1.646243
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -665.73070865 radius =    2.996831 wh =    1.398216 cn =    2.650659
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -667.17307052 radius =    3.777933 wh =    1.116439 cn =    3.609203
 Next choice of angle = 25.501013
 angle = 25.501013 mle = -665.52396075 radius =    3.137290 wh =    1.350688 cn =    2.831648
 Next choice of angle = 25.005237
 angle = 25.005237 mle = -665.51453188 radius =    3.169439 wh =    1.339725 cn =    2.872365
 Next choice of angle = 24.874407
 angle = 24.874407 mle = -665.51416745 radius =    3.178045 wh =    1.336783 cn =    2.883224
 Next choice of angle = 24.886059
 angle = 24.886059 mle = -665.51416370 radius =    3.177276 wh =    1.337046 cn =    2.882255
 Next choice of angle = 24.886406
 angle = 24.886406 mle = -665.51416369 radius =    3.177253 wh =    1.337054 cn =    2.882226
 Next choice of angle = 24.886655
 angle = 24.886655 mle = -665.51416370 radius =    3.177237 wh =    1.337059 cn =    2.882205

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -674.21098127 wh =    1.646243 cn =    1.646243
 Angle = 27.811530 mle = -665.73070865 wh =    1.398216 cn =    2.650659
 Angle = 17.188471 mle = -667.17307052 wh =    1.116439 cn =    3.609203
 Angle = 25.501013 mle = -665.52396075 wh =    1.350688 cn =    2.831648
 Angle = 25.005237 mle = -665.51453188 wh =    1.339725 cn =    2.872365
 Angle = 24.874407 mle = -665.51416745 wh =    1.336783 cn =    2.883224
 Angle = 24.886059 mle = -665.51416370 wh =    1.337046 cn =    2.882255
```

```
 Angle = 24.886406 mle = -665.51416369 wh =     1.337054 cn =     2.882226
 Angle = 24.886655 mle = -665.51416370 wh =     1.337059 cn =     2.882205
+NORT  MLE    :    -665.514164
+NORT  INTER  :      50.8283 +-     0.6740
+NORT  SLOPE  :       2.2788 +-     0.1936
+NORT  SIN    :       1.4681 +-     0.2262
+NORT  COS    :       1.3040 +-     0.2207
+NORT  SIN    :      -0.1700 +-     0.1765
+NORT  COS    :      -0.1608 +-     0.1763
+NORT  VL     :      -0.0095 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       1.3371 +-     0.1113

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -1.0000
+NORT  PL     :       2.8822 +-     0.3805

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -1.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016802 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.125639 seconds
 wh_only = 5.74590975 (-1067.4228), cn_only = 17.62143986 (-1095.2097)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1068.55183751 radius =    7.502378 wh =    5.304982 cn =    5.304982
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -1073.37388435 radius =   10.046047 wh =    4.687130 cn =    8.885599
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -1067.45354407 radius =    6.313237 wh =    5.583977 cn =    2.945533
 Next choice of angle = 58.663847
 angle = 58.663847 mle = -1067.52755115 radius =    6.487266 wh =    5.540974 cn =    3.373756
 Next choice of angle = 63.770008
 angle = 63.770008 mle = -1067.43571804 radius =    6.244462 wh =    5.601452 cn =    2.759899
 Next choice of angle = 73.788973
 angle = 73.788973 mle = -1067.44489998 radius =    5.924378 wh =    5.688825 cn =    1.653944
 Next choice of angle = 68.343343
 angle = 68.343343 mle = -1067.42228060 radius =    6.074990 wh =    5.646169 cn =    2.241937
 Next choice of angle = 68.132137
 angle = 68.132137 mle = -1067.42195976 radius =    6.081908 wh =    5.644286 cn =    2.265312
 Next choice of angle = 67.494414
 angle = 67.494414 mle = -1067.42143193 radius =    6.103312 wh =    5.638497 cn =    2.336186
 Next choice of angle = 66.071818
 angle = 66.071818 mle = -1067.42301210 radius =    6.153908 wh =    5.625008 cn =    2.495971
 Next choice of angle = 67.305148
 angle = 67.305148 mle = -1067.42141179 radius =    6.109815 wh =    5.636749 cn =    2.357308
 Next choice of angle = 67.338804
 angle = 67.338804 mle = -1067.42141057 radius =    6.108654 wh =    5.637061 cn =    2.353549
 Next choice of angle = 67.341741
 angle = 67.341741 mle = -1067.42141057 radius =    6.108552 wh =    5.637088 cn =    2.353221
 Next choice of angle = 67.341068
 angle = 67.341068 mle = -1067.42141057 radius =    6.108575 wh =    5.637082 cn =    2.353296
```

```
Next choice of angle = 67.342415
angle = 67.342415 mle = -1067.42141057 radius =    6.108529 wh =    5.637094 cn =    2.353146

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -1068.55183751 wh =    5.304982 cn =    5.304982
Angle = 27.811530 mle = -1073.37388435 wh =    4.687130 cn =    8.885599
Angle = 62.188470 mle = -1067.45354407 wh =    5.583977 cn =    2.945533
Angle = 58.663847 mle = -1067.52755115 wh =    5.540974 cn =    3.373756
Angle = 63.770008 mle = -1067.43571804 wh =    5.601452 cn =    2.759899
Angle = 73.788973 mle = -1067.44489998 wh =    5.688825 cn =    1.653944
Angle = 68.343343 mle = -1067.42228060 wh =    5.646169 cn =    2.241937
Angle = 68.132137 mle = -1067.42195976 wh =    5.644286 cn =    2.265312
Angle = 67.494414 mle = -1067.42143193 wh =    5.638497 cn =    2.336186
Angle = 66.071818 mle = -1067.42301210 wh =    5.625008 cn =    2.495971
Angle = 67.305148 mle = -1067.42141179 wh =    5.636749 cn =    2.357308
Angle = 67.338804 mle = -1067.42141057 wh =    5.637061 cn =    2.353549
Angle = 67.341741 mle = -1067.42141057 wh =    5.637088 cn =    2.353221
Angle = 67.341068 mle = -1067.42141057 wh =    5.637082 cn =    2.353296
Angle = 67.342415 mle = -1067.42141057 wh =    5.637094 cn =    2.353146
+EAST  MLE   :   -1067.421411
+EAST  INTER :      0.0661 +-     0.9892
+EAST  SLOPE :     -0.4274 +-     0.2292
+EAST  SIN   :     -0.9772 +-     0.4668
+EAST  COS   :     -0.8570 +-     0.4657
+EAST  SIN   :      0.4345 +-     0.4486
+EAST  COS   :     -0.3835 +-     0.4536
+EAST  VL    :      0.0038 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      5.6371 +-     0.3060

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX :     -1.0000
+EAST  PL    :      2.3532 +-     2.6010

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :     IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -1.0000
+VERT  PL    :     IS FREE

Time taken to create covariance matrix : 0.017249 seconds
Time taken to compute eigen value and vectors : 0.132641 seconds
wh_only = 4.53239317 (-987.4736), cn_only = 13.20291342 (-997.9249)
Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
Angle = 45.000000 mle = -977.12288852 radius =    5.719707 wh =    4.044443 cn =    4.044443
Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -979.42509679 radius =    7.601909 wh =    3.546782 cn =    6.723791
Next choice of angle = 62.188470
angle = 62.188470 mle = -979.88098666 radius =    4.868517 wh =    4.306140 cn =    2.271478
Next choice of angle = 44.225734
angle = 44.225734 mle = -977.10368454 radius =    5.776912 wh =    4.029321 cn =    4.139720
Next choice of angle = 43.330539
angle = 43.330539 mle = -977.09372937 radius =    5.845602 wh =    4.011288 cn =    4.252132
```

```
Next choice of angle = 43.099677
angle = 43.099677 mle = -977.09332028 radius =    5.863772 wh =    4.006537 cn =    4.281527
Next choice of angle = 43.108388
angle = 43.108388 mle = -977.09331952 radius =    5.863083 wh =    4.006717 cn =    4.280415
Next choice of angle = 43.109239
angle = 43.109239 mle = -977.09331952 radius =    5.863015 wh =    4.006735 cn =    4.280307
Next choice of angle = 43.109670
angle = 43.109670 mle = -977.09331952 radius =    5.862981 wh =    4.006744 cn =    4.280252

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -977.12288852 wh =    4.044443 cn =    4.044443
Angle = 27.811530 mle = -979.42509679 wh =    3.546782 cn =    6.723791
Angle = 62.188470 mle = -979.88098666 wh =    4.306140 cn =    2.271478
Angle = 44.225734 mle = -977.10368454 wh =    4.029321 cn =    4.139720
Angle = 43.330539 mle = -977.09372937 wh =    4.011288 cn =    4.252132
Angle = 43.099677 mle = -977.09332028 wh =    4.006537 cn =    4.281527
Angle = 43.108388 mle = -977.09331952 wh =    4.006717 cn =    4.280415
Angle = 43.109239 mle = -977.09331952 wh =    4.006735 cn =    4.280307
Angle = 43.109670 mle = -977.09331952 wh =    4.006744 cn =    4.280252
+VERT  MLE   :    -977.093320
+VERT  INTER :     14.3856 +-     1.1527
+VERT  SLOPE :      1.4321 +-     0.3106
+VERT  SIN   :     -0.4850 +-     0.4315
+VERT  COS   :      1.5865 +-     0.4251
+VERT  SIN   :     -0.0718 +-     0.3746
+VERT  COS   :      0.9051 +-     0.3770
+VERT  VL    :     0.0075 +-     0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      4.0067 +-     0.2220

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -1.0000
+VERT  PL    :     4.2803 +-     0.9997

End Time : Thu Feb 22 13:17:59 2018

Total Time : 1
```

EK-11 ADAN istasyonu WN+RWN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output ADAN_wn_rwn.out vyas1_ADAN.neu
 Data from file : vyas1_ADAN.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:11:23 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :       -2.0000
+NORT  PL     :       IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020705 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.126936 seconds
 wh_only = 12.92316168 (-1300.7928), cn_only = 16.45788373 (-742.5551)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1028.05800615 radius =    7.388904 wh =    5.224744 cn =    5.224744
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -921.74489028 radius =    7.585645 wh =    3.539194 cn =    6.709405
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -845.24133456 radius =    8.622716 wh =    2.548149 cn =    8.237607
 Next choice of angle = 10.623060
 angle = 10.623060 mle = -792.72162333 radius =   10.197296 wh =    1.879840 cn =   10.022527
 Next choice of angle =  6.565412
 angle =  6.565412 mle = -762.14670585 radius =   12.091419 wh =    1.382502 cn =   12.012123
 Next choice of angle =  4.057648
 angle =  4.057648 mle = -748.37500862 radius =   13.897003 wh =    0.983354 cn =   13.862168
 Next choice of angle =  2.507764
 angle =  2.507764 mle = -743.90568711 radius =   15.197423 wh =    0.664960 cn =   15.182868
 Next choice of angle =  1.039425
 angle =  1.039425 mle = -742.63316942 radius =   16.200684 wh =    0.293887 cn =   16.198018
 Next choice of angle =  1.125184
 angle =  1.125184 mle = -742.65490540 radius =   16.158555 wh =    0.317304 cn =   16.155439
 Next choice of angle =  0.796565
 angle =  0.796565 mle = -742.59055675 radius =   16.304278 wh =    0.226666 cn =   16.302702
 Next choice of angle =  0.492304
 angle =  0.492304 mle = -742.56497199 radius =   16.398321 wh =    0.140898 cn =   16.397715
 Next choice of angle =  0.392685
 angle =  0.392685 mle = -742.56083809 radius =   16.419857 wh =    0.112535 cn =   16.419471
 Next choice of angle =  0.245743
 angle =  0.245743 mle = -742.55711414 radius =   16.442937 wh =    0.070524 cn =   16.442785
 Next choice of angle =  0.151878
 angle =  0.151878 mle = -742.55582861 radius =   16.452166 wh =    0.043611 cn =   16.452108
```

Next choice of angle = 0.057238
angle = 0.057238 mle = -742.55519264 radius = 16.457071 wh = 0.016440 cn = 16.457063
Next choice of angle = 0.013759
angle = 0.013759 mle = -742.55509630 radius = 16.457837 wh = 0.003952 cn = 16.457836
Next choice of angle = 0.001529
angle = 0.001529 mle = -742.55509049 radius = 16.457883 wh = 0.000439 cn = 16.457883
Next choice of angle = 0.000041
angle = 0.000041 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000012 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000016
angle = 0.000016 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000005 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884
Next choice of angle = 0.000000
angle = 0.000000 mle = -742.55509042 radius = 16.457884 wh = 0.000000 cn = 16.457884

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -1028.05800615 wh = 5.224744 cn = 5.224744
Angle = 27.811530 mle = -921.74489028 wh = 3.539194 cn = 6.709405
Angle = 17.188471 mle = -845.24133456 wh = 2.548149 cn = 8.237607
Angle = 10.623060 mle = -792.72162333 wh = 1.879840 cn = 10.022527
Angle = 6.565412 mle = -762.14670585 wh = 1.382502 cn = 12.012123
Angle = 4.057648 mle = -748.37500862 wh = 0.983354 cn = 13.862168
Angle = 2.507764 mle = -743.90568711 wh = 0.664960 cn = 15.182868
Angle = 1.039425 mle = -742.63316942 wh = 0.293887 cn = 16.198018
Angle = 1.125184 mle = -742.65490540 wh = 0.317304 cn = 16.155439
Angle = 0.796565 mle = -742.59055675 wh = 0.226666 cn = 16.302702
Angle = 0.492304 mle = -742.56497199 wh = 0.140898 cn = 16.397715
Angle = 0.392685 mle = -742.56083809 wh = 0.112535 cn = 16.419471
Angle = 0.245743 mle = -742.55711414 wh = 0.070524 cn = 16.442785
Angle = 0.151878 mle = -742.55582861 wh = 0.043611 cn = 16.452108

```
Angle =  0.057238 mle = -742.55519264 wh =     0.016440 cn =    16.457063
Angle =  0.013759 mle = -742.55509630 wh =     0.003952 cn =    16.457836
Angle =  0.001529 mle = -742.55509049 wh =     0.000439 cn =    16.457883
Angle =  0.000041 mle = -742.55509042 wh =     0.000012 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000016 mle = -742.55509042 wh =     0.000005 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
Angle =  0.000000 mle = -742.55509042 wh =     0.000000 cn =    16.457884
brent_color_white : mle (-742.555090) is less than color only mle (-742.555090)
+NORT  MLE    :    -742.555090
+NORT  INTER  :      52.1847 +-     2.2672
+NORT  SLOPE  :       7.8424 +-     6.2495
+NORT  SIN    :      6.3795 +-     1.4156
+NORT  COS    :     -5.9287 +-     1.4027
+NORT  SIN    :      0.3307 +-     0.7118
+NORT  COS    :     -0.2571 +-     0.7047
+NORT  VL     :     -0.0131 +-     0.0003
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       0.0000 +-     0.0000

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -2.0000
+NORT  PL     :     16.4579 +-     0.6436

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

Time taken to create covariance matrix : 0.016461 seconds
Time taken to compute eigen value and vectors : 0.108953 seconds
wh_only = 8.51223706 (-1164.2650), cn_only = 16.94096564 (-752.0152)
Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
Angle = 45.000000 mle = -949.35502452 radius =    5.808356 wh =    4.107128 cn =    4.107128
Next choice of angle = 27.811530
angle = 27.811530 mle = -877.19636082 radius =    6.619525 wh =    3.088436 cn =    5.854884
Next choice of angle = 17.188471
angle = 17.188471 mle = -822.88673554 radius =    8.052941 wh =    2.379772 cn =    7.693280
Next choice of angle = 10.623060
angle = 10.623060 mle = -784.86823846 radius =    9.955310 wh =    1.835231 cn =    9.784689
Next choice of angle =  6.565412
angle =  6.565412 mle = -762.83361365 radius =   12.116846 wh =    1.385409 cn =   12.037383
```

```
Next choice of angle =  4.057648
angle =  4.057648 mle = -753.76944010 radius =   14.128159 wh =    0.999710 cn =   14.092745
Next choice of angle =  2.507764
angle =  2.507764 mle = -751.64434034 radius =   15.561369 wh =    0.680884 cn =   15.546466
Next choice of angle =  2.042667
angle =  2.042667 mle = -751.53713140 radius =   15.964871 wh =    0.569047 cn =   15.954727
Next choice of angle =  2.071612
angle =  2.071612 mle = -751.53819291 radius =   15.940788 wh =    0.576237 cn =   15.930370
Next choice of angle =  2.015881
angle =  2.015881 mle = -751.53673651 radius =   15.987011 wh =    0.562367 cn =   15.977116
Next choice of angle =  2.010540
angle =  2.010540 mle = -751.53672409 radius =   15.991407 wh =    0.561032 cn =   15.981563
Next choice of angle =  2.010204
angle =  2.010204 mle = -751.53672404 radius =   15.991684 wh =    0.560948 cn =   15.981843
Next choice of angle =  2.010175
angle =  2.010175 mle = -751.53672404 radius =   15.991708 wh =    0.560941 cn =   15.981867
Next choice of angle =  2.010155
angle =  2.010155 mle = -751.53672404 radius =   15.991724 wh =    0.560936 cn =   15.981884

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -949.35502452 wh =    4.107128 cn =    4.107128
Angle = 27.811530 mle = -877.19636082 wh =    3.088436 cn =    5.854884
Angle = 17.188471 mle = -822.88673554 wh =    2.379772 cn =    7.693280
Angle = 10.623060 mle = -784.86823846 wh =    1.835231 cn =    9.784689
Angle =  6.565412 mle = -762.83361365 wh =    1.385409 cn =   12.037383
Angle =  4.057648 mle = -753.76944010 wh =    0.999710 cn =   14.092745
Angle =  2.507764 mle = -751.64434034 wh =    0.680884 cn =   15.546466
Angle =  2.042667 mle = -751.53713140 wh =    0.569047 cn =   15.954727
Angle =  2.071612 mle = -751.53819291 wh =    0.576237 cn =   15.930370
Angle =  2.015881 mle = -751.53673651 wh =    0.562367 cn =   15.977116
Angle =  2.010540 mle = -751.53672409 wh =    0.561032 cn =   15.981563
Angle =  2.010204 mle = -751.53672404 wh =    0.560948 cn =   15.981843
Angle =  2.010175 mle = -751.53672404 wh =    0.560941 cn =   15.981867
Angle =  2.010155 mle = -751.53672404 wh =    0.560936 cn =   15.981884
+EAST  MLE    :    -751.536724
+EAST  INTER  :       4.5494 +-     2.2701
+EAST  SLOPE  :       0.8607 +-     6.0698
+EAST  SIN    :       6.5315 +-     1.3759
+EAST  COS    :      -7.5115 +-     1.3629
+EAST  SIN    :      -0.6401 +-     0.6930
+EAST  COS    :      -0.0267 +-     0.6858
+EAST  VL     :       0.0084 +-     0.0002
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :       0.5609 +-     0.2869

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :      15.9819 +-     1.1385

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :      -2.0000
```

```
+VERT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016653 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.113421 seconds
 wh_only = 5.70605917 (-1033.4728), cn_only = 41.00556976 (-1041.0745)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -986.44564192 radius =    6.505998 wh =    4.600435 cn =    4.600435
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -978.99475339 radius =    9.037058 wh =    4.216372 cn =    7.993161
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -979.68327677 radius =   13.007649 wh =    3.843966 cn =   12.426699
 Next choice of angle = 24.308743
 angle = 24.308743 mle = -978.42238658 radius =    9.995291 wh =    4.114596 cn =    9.109113
 Next choice of angle = 23.511084
 angle = 23.511084 mle = -978.37520680 radius =   10.250714 wh =    4.089281 cn =    9.399730
 Next choice of angle = 22.690016
 angle = 22.690016 mle = -978.36539541 radius =   10.530814 wh =    4.062212 cn =    9.715785
 Next choice of angle = 22.895637
 angle = 22.895637 mle = -978.36395746 radius =   10.458946 wh =    4.069093 cn =    9.634939
 Next choice of angle = 22.906430
 angle = 22.906430 mle = -978.36395559 radius =   10.455207 wh =    4.069452 cn =    9.630727
 Next choice of angle = 22.903788
 angle = 22.903788 mle = -978.36395538 radius =   10.456122 wh =    4.069364 cn =    9.631758
 Next choice of angle = 22.904017
 angle = 22.904017 mle = -978.36395538 radius =   10.456042 wh =    4.069372 cn =    9.631668
 Next choice of angle = 22.903559
 angle = 22.903559 mle = -978.36395538 radius =   10.456201 wh =    4.069357 cn =    9.631847

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -986.44564192 wh =    4.600435 cn =    4.600435
 Angle = 27.811530 mle = -978.99475339 wh =    4.216372 cn =    7.993161
 Angle = 17.188471 mle = -979.68327677 wh =    3.843966 cn =   12.426699
 Angle = 24.308743 mle = -978.42238658 wh =    4.114596 cn =    9.109113
 Angle = 23.511084 mle = -978.37520680 wh =    4.089281 cn =    9.399730
 Angle = 22.690016 mle = -978.36539541 wh =    4.062212 cn =    9.715785
 Angle = 22.895637 mle = -978.36395746 wh =    4.069093 cn =    9.634939
 Angle = 22.906430 mle = -978.36395559 wh =    4.069452 cn =    9.630727
 Angle = 22.903788 mle = -978.36395538 wh =    4.069364 cn =    9.631758
 Angle = 22.904017 mle = -978.36395538 wh =    4.069372 cn =    9.631668
 Angle = 22.903559 mle = -978.36395538 wh =    4.069357 cn =    9.631847
+VERT  MLE   :    -978.363955
+VERT  INTER :     14.3488 +-     2.5575
+VERT  SLOPE :      1.8823 +-     3.6868
+VERT  SIN   :      3.0671 +-     0.9008
+VERT  COS   :     -1.1925 +-     0.8831
+VERT  SIN   :     -0.1680 +-     0.5327
+VERT  COS   :     -0.0273 +-     0.5242
+VERT  VL    :      0.0102 +-     0.0003
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      4.0694 +-     0.2075

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -2.0000
+VERT  PL    :      9.6318 +-     1.6056
```

End Time : Thu Feb 22 13:11:24 2018

Total Time : 1

EK-12 AKDG istasyonu WN+ RWN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output AKDG_wn_rwn.out vyas1_AKDG.neu
 Data from file : vyas1_AKDG.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 324
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:12:43 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -2.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020400 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.112646 seconds
 wh_only = 1.72551932 (-638.4516), cn_only = 14.01737787 (-687.0365)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -603.82439224 radius =    2.041599 wh =    1.443628 cn =    1.443628
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -609.51698280 radius =    2.951625 wh =    1.377124 cn =    2.610674
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -605.32342303 radius =    1.697070 wh =    1.501036 cn =    0.791793
 Next choice of angle = 50.011448
 angle = 50.011448 mle = -603.50553131 radius =    1.904542 wh =    1.459208 cn =    1.223924
 Next choice of angle = 50.073982
 angle = 50.073982 mle = -603.50503048 radius =    1.903055 wh =    1.459403 cn =    1.221377
 Next choice of angle = 50.408042
 angle = 50.408042 mle = -603.50384956 radius =    1.895199 wh =    1.460445 cn =    1.207840
 Next choice of angle = 50.397697
 angle = 50.397697 mle = -603.50384824 radius =    1.895440 wh =    1.460413 cn =    1.208257
 Next choice of angle = 50.397193
 angle = 50.397193 mle = -603.50384824 radius =    1.895451 wh =    1.460411 cn =    1.208278
 Next choice of angle = 50.396689
 angle = 50.396689 mle = -603.50384824 radius =    1.895463 wh =    1.460410 cn =    1.208298

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -603.82439224 wh =    1.443628 cn =    1.443628
 Angle = 27.811530 mle = -609.51698280 wh =    1.377124 cn =    2.610674
 Angle = 62.188470 mle = -605.32342303 wh =    1.501036 cn =    0.791793
 Angle = 50.011448 mle = -603.50553131 wh =    1.459208 cn =    1.223924
 Angle = 50.073982 mle = -603.50503048 wh =    1.459403 cn =    1.221377
 Angle = 50.408042 mle = -603.50384956 wh =    1.460445 cn =    1.207840
 Angle = 50.397697 mle = -603.50384824 wh =    1.460413 cn =    1.208257
```

```
 Angle = 50.397193 mle = -603.50384824 wh =     1.460411 cn =     1.208278
 Angle = 50.396689 mle = -603.50384824 wh =     1.460410 cn =     1.208298
+NORT  MLE    :    -603.503848
+NORT  INTER  :      50.6903 +-     0.5250
+NORT  SLOPE  :       2.5115 +-     0.4711
+NORT  SIN    :       0.0623 +-     0.1591
+NORT  COS    :       0.1013 +-     0.1545
+NORT  SIN    :      -0.3243 +-     0.1270
+NORT  COS    :      -0.1952 +-     0.1270
+NORT  VL     :      -0.0125 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       1.4604 +-     0.0609

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -2.0000
+NORT  PL     :       1.2083 +-     0.2721

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017818 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.115561 seconds
 wh_only = 1.79431546 (-651.1577), cn_only = 12.89092727 (-659.8099)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -595.73482950 radius =     1.991408 wh =     1.408138 cn =     1.408138
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -593.37300253 radius =     2.808588 wh =     1.310388 cn =     2.484160
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -598.97153338 radius =     4.102555 wh =     1.212370 cn =     3.919326
 Next choice of angle = 33.529956
 angle = 33.529956 mle = -593.08894320 radius =     2.437098 wh =     1.346187 cn =     2.031558
 Next choice of angle = 32.193517
 angle = 32.193517 mle = -593.03912926 radius =     2.511933 wh =     1.338309 cn =     2.125732
 Next choice of angle = 31.922482
 angle = 31.922482 mle = -593.03699740 radius =     2.527901 wh =     1.336682 cn =     2.145592
 Next choice of angle = 31.843028
 angle = 31.843028 mle = -593.03689767 radius =     2.532635 wh =     1.336203 cn =     2.151465
 Next choice of angle = 31.849480
 angle = 31.849480 mle = -593.03689683 radius =     2.532249 wh =     1.336242 cn =     2.150987
 Next choice of angle = 31.849799
 angle = 31.849799 mle = -593.03689683 radius =     2.532230 wh =     1.336243 cn =     2.150963
 Next choice of angle = 31.850117
 angle = 31.850117 mle = -593.03689683 radius =     2.532211 wh =     1.336245 cn =     2.150940

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -595.73482950 wh =     1.408138 cn =     1.408138
 Angle = 27.811530 mle = -593.37300253 wh =     1.310388 cn =     2.484160
 Angle = 17.188471 mle = -598.97153338 wh =     1.212370 cn =     3.919326
 Angle = 33.529956 mle = -593.08894320 wh =     1.346187 cn =     2.031558
 Angle = 32.193517 mle = -593.03912926 wh =     1.338309 cn =     2.125732
```

```
 Angle = 31.922482 mle = -593.03699740 wh =    1.336682 cn =    2.145592
 Angle = 31.843028 mle = -593.03689767 wh =    1.336203 cn =    2.151465
 Angle = 31.849480 mle = -593.03689683 wh =    1.336242 cn =    2.150987
 Angle = 31.849799 mle = -593.03689683 wh =    1.336243 cn =    2.150963
 Angle = 31.850117 mle = -593.03689683 wh =    1.336245 cn =    2.150940
+EAST  MLE   :    -593.036897
+EAST  INTER :       1.1566 +-     0.6859
+EAST  SLOPE :      -0.8300 +-     0.8276
+EAST  SIN   :      -1.2738 +-     0.2174
+EAST  COS   :      -1.5157 +-     0.2116
+EAST  SIN   :       0.5250 +-     0.1419
+EAST  COS   :       0.3307 +-     0.1408
+EAST  VL    :      -0.0020 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :       1.3362 +-     0.0609

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX :      -2.0000
+EAST  PL    :       2.1510 +-     0.3890

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :      -2.0000
+VERT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016848 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.110191 seconds
 wh_only = 6.22083075 (-1055.2236), cn_only = 53.74517044 (-1123.8222)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1041.57356629 radius =    7.851100 wh =    5.551566 cn =    5.551566
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -1046.19414323 radius =     11.313286 wh =     5.278379 cn =
10.006456
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -1042.08543904 radius =    6.506400 wh =    5.754827 cn =    3.035656
 Next choice of angle = 51.879984
 angle = 51.879984 mle = -1041.25792680 radius =    7.160951 wh =    5.633659 cn =    4.420532
 Next choice of angle = 51.565454
 angle = 51.565454 mle = -1041.25757341 radius =    7.187371 wh =    5.630003 cn =    4.467815
 Next choice of angle = 51.644246
 angle = 51.644246 mle = -1041.25753085 radius =    7.180711 wh =    5.630919 cn =    4.455936
 Next choice of angle = 51.643114
 angle = 51.643114 mle = -1041.25753085 radius =    7.180806 wh =    5.630906 cn =    4.456106
 Next choice of angle = 51.643631
 angle = 51.643631 mle = -1041.25753085 radius =    7.180763 wh =    5.630912 cn =    4.456028
 Next choice of angle = 51.642598
 angle = 51.642598 mle = -1041.25753085 radius =    7.180850 wh =    5.630900 cn =    4.456184

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -1041.57356629 wh =    5.551566 cn =    5.551566
 Angle = 27.811530 mle = -1046.19414323 wh =    5.278379 cn =   10.006456
 Angle = 62.188470 mle = -1042.08543904 wh =    5.754827 cn =    3.035656
```

```
 Angle = 51.879984 mle = -1041.25792680 wh =    5.633659 cn =    4.420532
 Angle = 51.565454 mle = -1041.25757341 wh =    5.630003 cn =    4.467815
 Angle = 51.644246 mle = -1041.25753085 wh =    5.630919 cn =    4.455936
 Angle = 51.643114 mle = -1041.25753085 wh =    5.630906 cn =    4.456106
 Angle = 51.643631 mle = -1041.25753085 wh =    5.630912 cn =    4.456028
 Angle = 51.642598 mle = -1041.25753085 wh =    5.630900 cn =    4.456184
+VERT  MLE   :   -1041.257531
+VERT  INTER :     12.8697 +-     1.9777
+VERT  SLOPE :      1.3278 +-     1.7386
+VERT  SIN   :     -1.9037 +-     0.6010
+VERT  COS   :      2.5990 +-     0.5844
+VERT  SIN   :      0.5530 +-     0.4858
+VERT  COS   :      0.1689 +-     0.4860
+VERT  VL    :      0.0142 +-     0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :      5.6309 +-     0.2416

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -2.0000
+VERT  PL    :      4.4561 +-     1.2799

 End Time : Thu Feb 22 13:12:44 2018

 Total Time : 1
```

EK-13 AKSR istasyonu WN+ RWN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output AKSR_wn_rwn.out vyas1_AKSR.neu
 Data from file : vyas1_AKSR.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 326
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:13:59 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -2.0000
+NORT  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.020296 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.121978 seconds
 wh_only = 1.92685351 (-678.4684), cn_only = 10.24496814 (-587.7862)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -540.86793326 radius =    1.665351 wh =    1.177581 cn =    1.177581
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -537.60487288 radius =    2.342981 wh =    1.093152 cn =    2.072337
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -541.49652690 radius =    3.405478 wh =    1.006373 cn =    3.253382
 Next choice of angle = 31.659334
 angle = 31.659334 mle = -537.47155700 radius =    2.123140 wh =    1.114368 cn =    1.807183
 Next choice of angle = 30.764928
 angle = 30.764928 mle = -537.45576767 radius =    2.169382 wh =    1.109676 cn =    1.864092
 Next choice of angle = 30.713690
 angle = 30.713690 mle = -537.45569682 radius =    2.172113 wh =    1.109403 cn =    1.867432
 Next choice of angle = 30.699121
 angle = 30.699121 mle = -537.45569330 radius =    2.172892 wh =    1.109326 cn =    1.868383
 Next choice of angle = 30.699443
 angle = 30.699443 mle = -537.45569329 radius =    2.172874 wh =    1.109328 cn =    1.868362
 Next choice of angle = 30.699750
 angle = 30.699750 mle = -537.45569330 radius =    2.172858 wh =    1.109329 cn =    1.868342

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -540.86793326 wh =    1.177581 cn =    1.177581
 Angle = 27.811530 mle = -537.60487288 wh =    1.093152 cn =    2.072337
 Angle = 17.188471 mle = -541.49652690 wh =    1.006373 cn =    3.253382
 Angle = 31.659334 mle = -537.47155700 wh =    1.114368 cn =    1.807183
 Angle = 30.764928 mle = -537.45576767 wh =    1.109676 cn =    1.864092
 Angle = 30.713690 mle = -537.45569682 wh =    1.109403 cn =    1.867432
 Angle = 30.699121 mle = -537.45569330 wh =    1.109326 cn =    1.868383
```

```
 Angle = 30.699443 mle = -537.45569329 wh =    1.109328 cn =    1.868362
 Angle = 30.699750 mle = -537.45569330 wh =    1.109329 cn =    1.868342
+NORT  MLE    :    -537.455693
+NORT  INTER  :      52.3048 +-     0.6001
+NORT  SLOPE  :       2.5139 +-     0.7181
+NORT  SIN    :       0.6082 +-     0.1862
+NORT  COS    :       0.6817 +-     0.1821
+NORT  SIN    :      -0.2710 +-     0.1210
+NORT  COS    :      -0.2648 +-     0.1183
+NORT  VL     :      -0.0137 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       1.1093 +-     0.0520

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -2.0000
+NORT  PL     :       1.8684 +-     0.3581

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017078 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.116556 seconds
 wh_only = 1.71956068 (-641.2494), cn_only = 11.34915061 (-621.2567)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -567.93030906 radius =    1.809038 wh =    1.279183 cn =    1.279183
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -568.51355753 radius =    2.575249 wh =    1.201520 cn =    2.277774
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -575.51527626 radius =    1.531766 wh =    1.354827 cn =    0.714668
 Next choice of angle = 37.633101
 angle = 37.633101 mle = -567.21510083 radius =    2.046041 wh =    1.249318 cn =    1.620336
 Next choice of angle = 37.677630
 angle = 37.677630 mle = -567.21538095 radius =    2.044290 wh =    1.249507 cn =    1.617978
 Next choice of angle = 37.401698
 angle = 37.401698 mle = -567.21446023 radius =    2.055214 wh =    1.248336 cn =    1.632655
 Next choice of angle = 37.408969
 angle = 37.408969 mle = -567.21445952 radius =    2.054924 wh =    1.248367 cn =    1.632267
 Next choice of angle = 37.409343
 angle = 37.409343 mle = -567.21445952 radius =    2.054909 wh =    1.248369 cn =    1.632247
 Next choice of angle = 37.408595
 angle = 37.408595 mle = -567.21445953 radius =    2.054939 wh =    1.248365 cn =    1.632287

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -567.93030906 wh =    1.279183 cn =    1.279183
 Angle = 27.811530 mle = -568.51355753 wh =    1.201520 cn =    2.277774
 Angle = 62.188470 mle = -575.51527626 wh =    1.354827 cn =    0.714668
 Angle = 37.633101 mle = -567.21510083 wh =    1.249318 cn =    1.620336
 Angle = 37.677630 mle = -567.21538095 wh =    1.249507 cn =    1.617978
 Angle = 37.401698 mle = -567.21446023 wh =    1.248336 cn =    1.632655
 Angle = 37.408969 mle = -567.21445952 wh =    1.248367 cn =    1.632267
```

```
 Angle = 37.409343 mle = -567.21445952 wh =    1.248369 cn =    1.632247
 Angle = 37.408595 mle = -567.21445953 wh =    1.248365 cn =    1.632287
+EAST  MLE    :    -567.214460
+EAST  INTER  :       1.7279 +-     0.5965
+EAST  SLOPE  :      -0.9179 +-     0.6307
+EAST  SIN    :      -0.5014 +-     0.1750
+EAST  COS    :      -1.5820 +-     0.1708
+EAST  SIN    :       0.1696 +-     0.1230
+EAST  COS    :       0.0298 +-     0.1204
+EAST  VL     :      -0.0013 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :       1.2484 +-     0.0556

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :       1.6323 +-     0.3402

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :      -2.0000
+VERT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017621 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.113931 seconds
 wh_only = 4.34020172 (-944.0030), cn_only = 38.35404826 (-1019.4502)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -935.97451467 radius =    5.575115 wh =    3.942201 cn =    3.942201
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -941.58968876 radius =    8.059501 wh =    3.760278 cn =    7.128525
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -934.62010793 radius =    4.593310 wh =    4.062724 cn =    2.143076
 Next choice of angle = 59.058082
 angle = 59.058082 mle = -934.59381108 radius =    4.711736 wh =    4.041204 cn =    2.422628
 Next choice of angle = 59.946109
 angle = 59.946109 mle = -934.58769498 radius =    4.675916 wh =    4.047262 cn =    2.341766
 Next choice of angle = 60.007197
 angle = 60.007197 mle = -934.58765938 radius =    4.673519 wh =    4.047679 cn =    2.336251
 Next choice of angle = 60.020518
 angle = 60.020518 mle = -934.58765827 radius =    4.672997 wh =    4.047771 cn =    2.335049
 Next choice of angle = 60.019918
 angle = 60.019918 mle = -934.58765827 radius =    4.673020 wh =    4.047766 cn =    2.335103
 Next choice of angle = 60.019318
 angle = 60.019318 mle = -934.58765827 radius =    4.673044 wh =    4.047762 cn =    2.335157

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -935.97451467 wh =    3.942201 cn =    3.942201
 Angle = 27.811530 mle = -941.58968876 wh =    3.760278 cn =    7.128525
 Angle = 62.188470 mle = -934.62010793 wh =    4.062724 cn =    2.143076
 Angle = 59.058082 mle = -934.59381108 wh =    4.041204 cn =    2.422628
 Angle = 59.946109 mle = -934.58769498 wh =    4.047262 cn =    2.341766
 Angle = 60.007197 mle = -934.58765938 wh =    4.047679 cn =    2.336251
 Angle = 60.020518 mle = -934.58765827 wh =    4.047771 cn =    2.335049
```

```
 Angle = 60.019918 mle = -934.58765827 wh =     4.047766 cn =     2.335103
 Angle = 60.019318 mle = -934.58765827 wh =     4.047762 cn =     2.335157
+VERT  MLE    :     -934.587658
+VERT  INTER  :       13.9578 +-      1.2585
+VERT  SLOPE  :        1.6028 +-      0.9221
+VERT  SIN    :       -0.6185 +-      0.3832
+VERT  COS    :        2.5723 +-      0.3770
+VERT  SIN    :        0.4575 +-      0.3377
+VERT  COS    :        0.5073 +-      0.3323
+VERT  VL     :        0.0108 +-      0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :        4.0478 +-      0.1689

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :       -2.0000
+VERT  PL     :        2.3351 +-      0.7835

 End Time : Thu Feb 22 13:14:00 2018

 Total Time : 1
```

EK-14 ANRK istasyonu WN+ RWN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output ANRK_wn_rwn.out vyas1_ANRK.neu
 Data from file : vyas1_ANRK.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 334
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:14:49 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -2.0000
+NORT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.022973 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.133335 seconds
 wh_only = 1.78490641 (-669.4320), cn_only = 11.53367037 (-639.5457)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -581.34812170 radius =    1.807969 wh =    1.278427 cn =    1.278427
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -578.79428276 radius =    2.551205 wh =    1.190302 cn =    2.256508
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -582.82388066 radius =    3.711490 wh =    1.096804 cn =    3.545727
 Next choice of angle = 32.491988
 angle = 32.491988 mle = -578.64176283 radius =    2.266614 wh =    1.217583 cn =    1.911813
 Next choice of angle = 31.276680
 angle = 31.276680 mle = -578.61482286 radius =    2.332408 wh =    1.210919 cn =    1.993440
 Next choice of angle = 31.182897
 angle = 31.182897 mle = -578.61459289 radius =    2.337700 wh =    1.210395 cn =    1.999946
 Next choice of angle = 31.148380
 angle = 31.148380 mle = -578.61457603 radius =    2.339655 wh =    1.210201 cn =    2.002349
 Next choice of angle = 31.149674
 angle = 31.149674 mle = -578.61457600 radius =    2.339582 wh =    1.210208 cn =    2.002258
 Next choice of angle = 31.149985
 angle = 31.149985 mle = -578.61457600 radius =    2.339564 wh =    1.210210 cn =    2.002237
 Next choice of angle = 31.149362
 angle = 31.149362 mle = -578.61457600 radius =    2.339600 wh =    1.210207 cn =    2.002280

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -581.34812170 wh =    1.278427 cn =    1.278427
 Angle = 27.811530 mle = -578.79428276 wh =    1.190302 cn =    2.256508
 Angle = 17.188471 mle = -582.82388066 wh =    1.096804 cn =    3.545727
 Angle = 32.491988 mle = -578.64176283 wh =    1.217583 cn =    1.911813
 Angle = 31.276680 mle = -578.61482286 wh =    1.210919 cn =    1.993440
```

```
 Angle = 31.182897 mle = -578.61459289 wh =    1.210395 cn =    1.999946
 Angle = 31.148380 mle = -578.61457603 wh =    1.210201 cn =    2.002349
 Angle = 31.149674 mle = -578.61457600 wh =    1.210208 cn =    2.002258
 Angle = 31.149985 mle = -578.61457600 wh =    1.210210 cn =    2.002237
 Angle = 31.149362 mle = -578.61457600 wh =    1.210207 cn =    2.002280
+NORT  MLE    :    -578.614576
+NORT  INTER  :      51.7941 +-     0.6231
+NORT  SLOPE  :       2.2984 +-     0.7696
+NORT  SIN    :      -0.1671 +-     0.2000
+NORT  COS    :       0.0650 +-     0.1950
+NORT  SIN    :       0.0985 +-     0.1287
+NORT  COS    :      -0.1887 +-     0.1280
+NORT  VL     :      -0.0082 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH     :       1.2102 +-     0.0567

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :      -2.0000
+NORT  PL     :       2.0023 +-     0.4052

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH     :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.018185 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.118965 seconds
 wh_only = 1.95703272 (-700.2733), cn_only = 11.80236710 (-647.2606)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -586.00939764 radius =    1.833301 wh =    1.296340 cn =    1.296340
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -584.98395074 radius =    2.598781 wh =    1.212499 cn =    2.298588
 Next choice of angle = 17.188471
 angle = 17.188471 mle = -590.45168024 radius =    3.796968 wh =    1.122064 cn =    3.627388
 Next choice of angle = 34.961375
 angle = 34.961375 mle = -584.38341110 radius =    2.183217 wh =    1.251036 cn =    1.789231
 Next choice of angle = 34.321239
 angle = 34.321239 mle = -584.37226150 radius =    2.213277 wh =    1.247917 cn =    1.827922
 Next choice of angle = 34.082279
 angle = 34.082279 mle = -584.37109588 radius =    2.224800 wh =    1.246740 cn =    1.842655
 Next choice of angle = 34.030776
 angle = 34.030776 mle = -584.37106009 radius =    2.227306 wh =    1.246485 cn =    1.845851
 Next choice of angle = 34.032401
 angle = 34.032401 mle = -584.37106005 radius =    2.227227 wh =    1.246493 cn =    1.845750
 Next choice of angle = 34.032742
 angle = 34.032742 mle = -584.37106005 radius =    2.227210 wh =    1.246495 cn =    1.845729
 Next choice of angle = 34.032061
 angle = 34.032061 mle = -584.37106005 radius =    2.227243 wh =    1.246492 cn =    1.845771

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -586.00939764 wh =    1.296340 cn =    1.296340
 Angle = 27.811530 mle = -584.98395074 wh =    1.212499 cn =    2.298588
```

```
 Angle = 17.188471 mle = -590.45168024 wh =    1.122064 cn =    3.627388
 Angle = 34.961375 mle = -584.38341110 wh =    1.251036 cn =    1.789231
 Angle = 34.321239 mle = -584.37226150 wh =    1.247917 cn =    1.827922
 Angle = 34.082279 mle = -584.37109588 wh =    1.246740 cn =    1.842655
 Angle = 34.030776 mle = -584.37106009 wh =    1.246485 cn =    1.845851
 Angle = 34.032401 mle = -584.37106005 wh =    1.246493 cn =    1.845750
 Angle = 34.032742 mle = -584.37106005 wh =    1.246495 cn =    1.845729
 Angle = 34.032061 mle = -584.37106005 wh =    1.246492 cn =    1.845771
+EAST  MLE   :    -584.371060
+EAST  INTER :      0.7217 +-     0.6111
+EAST  SLOPE :     -0.7335 +-     0.7106
+EAST  SIN   :     -0.5489 +-     0.1897
+EAST  COS   :     -0.8915 +-     0.1849
+EAST  SIN   :      0.2736 +-     0.1263
+EAST  COS   :     -0.0687 +-     0.1258
+EAST  VL    :     -0.0018 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      1.2465 +-     0.0563

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX :     -2.0000
+EAST  PL    :      1.8458 +-     0.3723

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH    :     IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX :     -2.0000
+VERT  PL    :     IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.018134 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.118774 seconds
 wh_only = 4.94651612 (-1010.9034), cn_only = 38.40610164 (-1042.5326)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -968.54900496 radius =    5.743264 wh =    4.061101 cn =    4.061101
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -970.29989350 radius =    8.209068 wh =    3.830061 cn =    7.260815
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -972.11558087 radius =    4.800552 wh =    4.246027 cn =    2.239768
 Next choice of angle = 42.065435
 angle = 42.065435 mle = -968.43922646 radius =    6.012896 wh =    4.028513 cn =    4.463855
 Next choice of angle = 41.618414
 angle = 41.618414 mle = -968.43472289 radius =    6.057839 wh =    4.023414 cn =    4.528748
 Next choice of angle = 41.218744
 angle = 41.218744 mle = -968.43351283 radius =    6.098956 wh =    4.018819 cn =    4.587631
 Next choice of angle = 41.236694
 angle = 41.236694 mle = -968.43350971 radius =    6.097090 wh =    4.019026 cn =    4.584968
 Next choice of angle = 41.238080
 angle = 41.238080 mle = -968.43350969 radius =    6.096946 wh =    4.019042 cn =    4.584763
 Next choice of angle = 41.237667
 angle = 41.237667 mle = -968.43350970 radius =    6.096989 wh =    4.019037 cn =    4.584824
 Next choice of angle = 41.238492
 angle = 41.238492 mle = -968.43350970 radius =    6.096903 wh =    4.019047 cn =    4.584702

 Finished :
```

```
 Angle = 45.000000 mle = -968.54900496 wh =    4.061101 cn =    4.061101
 Angle = 27.811530 mle = -970.29989350 wh =    3.830061 cn =    7.260815
 Angle = 62.188470 mle = -972.11558087 wh =    4.246027 cn =    2.239768
 Angle = 42.065435 mle = -968.43922646 wh =    4.028513 cn =    4.463855
 Angle = 41.618414 mle = -968.43472289 wh =    4.023414 cn =    4.528748
 Angle = 41.218744 mle = -968.43351283 wh =    4.018819 cn =    4.587631
 Angle = 41.236694 mle = -968.43350971 wh =    4.019026 cn =    4.584968
 Angle = 41.238080 mle = -968.43350969 wh =    4.019042 cn =    4.584763
 Angle = 41.237667 mle = -968.43350970 wh =    4.019037 cn =    4.584824
 Angle = 41.238492 mle = -968.43350970 wh =    4.019047 cn =    4.584702
+VERT  MLE    :    -968.433510
+VERT  INTER  :     20.5573 +-     1.6978
+VERT  SLOPE  :      0.6116 +-     1.7728
+VERT  SIN    :     -2.3104 +-     0.5143
+VERT  COS    :      3.6346 +-     0.5007
+VERT  SIN    :      0.6005 +-     0.3718
+VERT  COS    :      0.5692 +-     0.3715
+VERT  VL     :      0.0098 +-     0.0001
+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      4.0190 +-     0.1789

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :     -2.0000
+VERT  PL     :      4.5848 +-     1.1565

 End Time : Thu Feb 22 13:14:51 2018

 Total Time : 2
```

EK-15 BEYS istasyonu WN+ RWN için CATS sonucu

```
Cats Version : 3.1.2
 Cats command : cats --sinusoid 1y1 --model wh: --model pl:k-2 --verbose --output BEYS_wn_rwn.out vyas1_BEYS.neu
 Data from file : vyas1_BEYS.neu
 cats : running on sercan61
 Linux release 4.4.0-112-generic (version #135-Ubuntu SMP Fri Jan 19 11:48:36 UTC 2018) on x86_64
 userid : sercan

 Sampling frequency 3.30718e-06 (Hz), 3.50 days
 Number of samples 1 period apart = 1 of 336
 Number of points in full series  = 725
 Number of series to process : 3
 Start Time : Thu Feb 22 13:18:09 2018

+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      IS FREE

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX  :     -2.0000
+NORT  PL     :     IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.023193 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.132984 seconds
 wh_only = 2.02584767 (-716.1003), cn_only = 16.20244647 (-757.3136)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -663.04986541 radius =    2.280831 wh =    1.612791 cn =    1.612791
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -667.17350296 radius =    3.283544 wh =    1.531985 cn =    2.904252
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -668.59848685 radius =    1.917398 wh =    1.695914 cn =    0.894590
 Next choice of angle = 43.733838
 angle = 43.733838 mle = -663.03297038 radius =    2.325323 wh =    1.607517 cn =    1.680183
 Next choice of angle = 43.947455
 angle = 43.947455 mle = -663.03254374 radius =    2.317594 wh =    1.608407 cn =    1.668614
 Next choice of angle = 43.909163
 angle = 43.909163 mle = -663.03252252 radius =    2.318973 wh =    1.608247 cn =    1.670681
 Next choice of angle = 43.909602
 angle = 43.909602 mle = -663.03252252 radius =    2.318957 wh =    1.608249 cn =    1.670658
 Next choice of angle = 43.908724
 angle = 43.908724 mle = -663.03252252 radius =    2.318989 wh =    1.608245 cn =    1.670705

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -663.04986541 wh =    1.612791 cn =    1.612791
 Angle = 27.811530 mle = -667.17350296 wh =    1.531985 cn =    2.904252
 Angle = 62.188470 mle = -668.59848685 wh =    1.695914 cn =    0.894590
 Angle = 43.733838 mle = -663.03297038 wh =    1.607517 cn =    1.680183
 Angle = 43.947455 mle = -663.03254374 wh =    1.608407 cn =    1.668614
 Angle = 43.909163 mle = -663.03252252 wh =    1.608247 cn =    1.670681
 Angle = 43.909602 mle = -663.03252252 wh =    1.608249 cn =    1.670658
 Angle = 43.908724 mle = -663.03252252 wh =    1.608245 cn =    1.670705
+NORT  MLE    :    -663.032523
```

```
+NORT  INTER :      51.5410 +-     0.6440
+NORT  SLOPE :       2.0800 +-     0.6473
+NORT  SIN   :      1.4244 +-     0.1943
+NORT  COS   :      1.2975 +-     0.1895
+NORT  SIN   :     -0.1950 +-     0.1446
+NORT  COS   :     -0.1645 +-     0.1445
+NORT  VL    :     -0.0095 +-     0.0001
+NORT  WHITE NOISE
+NORT  WH    :      1.6082 +-     0.0666

+NORT  POWER LAW NOISE
+NORT  INDEX :      -2.0000
+NORT  PL    :      1.6707 +-     0.3232

+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      IS FREE

+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX :      -2.0000
+EAST  PL    :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.017436 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.125414 seconds
 wh_only = 5.74590975 (-1067.4228), cn_only = 57.16001620 (-1182.1669)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -1074.66618944 radius =    7.736532 wh =    5.470554 cn =    5.470554
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -1083.60092935 radius =   11.297855 wh =    5.271180 cn =    9.992807
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -1070.70055339 radius =    6.322725 wh =    5.592369 cn =    2.949960
 Next choice of angle = 67.311641
 angle = 67.311641 mle = -1069.99448949 radius =    6.096371 wh =    5.624612 cn =    2.351484
 Next choice of angle = 75.977823
 angle = 75.977823 mle = -1069.03230454 radius =    5.851086 wh =    5.676735 cn =    1.417703
 Next choice of angle = 81.333818
 angle = 81.333818 mle = -1068.51090004 radius =    5.773631 wh =    5.707713 cn =    0.869955
 Next choice of angle = 84.644005
 angle = 84.644005 mle = -1068.20735735 radius =    5.751763 wh =    5.726651 cn =    0.536891
 Next choice of angle = 86.689813
 angle = 86.689813 mle = -1067.96487261 radius =    5.746856 wh =    5.737268 cn =    0.331832
 Next choice of angle = 87.954192
 angle = 87.954192 mle = -1067.74311388 radius =    5.746011 wh =    5.742348 cn =    0.205124
 Next choice of angle = 88.735621
 angle = 88.735621 mle = -1067.58138986 radius =    5.745904 wh =    5.744505 cn =    0.126788
 Next choice of angle = 89.218571
 angle = 89.218571 mle = -1067.49166636 radius =    5.745901 wh =    5.745367 cn =    0.078363
 Next choice of angle = 89.517050
 angle = 89.517050 mle = -1067.45062045 radius =    5.745905 wh =    5.745701 cn =    0.048432
 Next choice of angle = 89.701521
 angle = 89.701521 mle = -1067.43368329 radius =    5.745908 wh =    5.745830 cn =    0.029933
 Next choice of angle = 89.815530
 angle = 89.815530 mle = -1067.42701026 radius =    5.745909 wh =    5.745879 cn =    0.018500
 Next choice of angle = 89.885991
 angle = 89.885991 mle = -1067.42443042 radius =    5.745909 wh =    5.745898 cn =    0.011433
 Next choice of angle = 89.929539
```

```
angle = 89.929539 mle = -1067.42344043 radius =    5.745910 wh =    5.745905 cn =    0.007066
Next choice of angle = 89.956452
angle = 89.956452 mle = -1067.42306161 radius =    5.745910 wh =    5.745908 cn =    0.004367
Next choice of angle = 89.973086
angle = 89.973086 mle = -1067.42291681 radius =    5.745910 wh =    5.745909 cn =    0.002699
Next choice of angle = 89.983366
angle = 89.983366 mle = -1067.42286149 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.001668
Next choice of angle = 89.989720
angle = 89.989720 mle = -1067.42284036 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.001031
Next choice of angle = 89.993646
angle = 89.993646 mle = -1067.42283229 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.000637
Next choice of angle = 89.996073
angle = 89.996073 mle = -1067.42282920 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.000394
Next choice of angle = 89.997573
angle = 89.997573 mle = -1067.42282803 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.000243
Next choice of angle = 89.998500
angle = 89.998500 mle = -1067.42282758 radius =    5.745910 wh =    5.745910 cn =    0.000150

Finished :

Angle = 45.000000 mle = -1074.66618944 wh =    5.470554 cn =    5.470554
Angle = 27.811530 mle = -1083.60092935 wh =    5.271180 cn =    9.992807
Angle = 62.188470 mle = -1070.70055339 wh =    5.592369 cn =    2.949960
Angle = 67.311641 mle = -1069.99448949 wh =    5.624612 cn =    2.351484
Angle = 75.977823 mle = -1069.03230454 wh =    5.676735 cn =    1.417703
Angle = 81.333818 mle = -1068.51090004 wh =    5.707713 cn =    0.869955
Angle = 84.644005 mle = -1068.20735735 wh =    5.726651 cn =    0.536891
Angle = 86.689813 mle = -1067.96487261 wh =    5.737268 cn =    0.331832
Angle = 87.954192 mle = -1067.74311388 wh =    5.742348 cn =    0.205124
Angle = 88.735621 mle = -1067.58138986 wh =    5.744505 cn =    0.126788
Angle = 89.218571 mle = -1067.49166636 wh =    5.745367 cn =    0.078363
Angle = 89.517050 mle = -1067.45062045 wh =    5.745701 cn =    0.048432
Angle = 89.701521 mle = -1067.43368329 wh =    5.745830 cn =    0.029933
Angle = 89.815530 mle = -1067.42701026 wh =    5.745879 cn =    0.018500
Angle = 89.885991 mle = -1067.42443042 wh =    5.745898 cn =    0.011433
Angle = 89.929539 mle = -1067.42344043 wh =    5.745905 cn =    0.007066
Angle = 89.956452 mle = -1067.42306161 wh =    5.745908 cn =    0.004367
Angle = 89.973086 mle = -1067.42291681 wh =    5.745909 cn =    0.002699
Angle = 89.983366 mle = -1067.42286149 wh =    5.745910 cn =    0.001668
Angle = 89.989720 mle = -1067.42284036 wh =    5.745910 cn =    0.001031
Angle = 89.993646 mle = -1067.42283229 wh =    5.745910 cn =    0.000637
Angle = 89.996073 mle = -1067.42282920 wh =    5.745910 cn =    0.000394
Angle = 89.997573 mle = -1067.42282803 wh =    5.745910 cn =    0.000243
Angle = 89.998500 mle = -1067.42282758 wh =    5.745910 cn =    0.000150
brent_color_white : mle (-1067.422828) is less than wh only mle (-1067.422827)
+EAST  MLE   :   -1067.422827
+EAST  INTER :      -0.2478 +-     0.6297
+EAST  SLOPE :      -0.4025 +-     0.1579
+EAST  SIN   :     -0.9871 +-     0.4441
+EAST  COS   :      -0.8724 +-     0.4453
+EAST  SIN   :      0.4220 +-     0.4403
+EAST  COS   :      -0.3867 +-     0.4465
+EAST  VL    :      0.0038 +-     0.0001
+EAST  WHITE NOISE
+EAST  WH    :      5.7459 +-     0.2213
```

```
+EAST  POWER LAW NOISE
+EAST  INDEX  :      -2.0000
+EAST  PL     :       0.0000 +-      0.0000

+VERT  WHITE NOISE
+VERT  WH     :      IS FREE

+VERT  POWER LAW NOISE
+VERT  INDEX  :      -2.0000
+VERT  PL     :      IS FREE

 Time taken to create covariance matrix : 0.016893 seconds
 Time taken to compute eigen value and vectors : 0.118735 seconds
 wh_only = 4.53239317 (-987.4736), cn_only = 42.27894136 (-1080.5394)
 Starting a one-dimensional minimisation : initial angle 45.00
 Angle = 45.000000 mle = -981.07716788 radius =    5.860537 wh =    4.144025 cn =    4.144025
 Next choice of angle = 27.811530
 angle = 27.811530 mle = -989.07811580 radius =    8.534611 wh =    3.981948 cn =    7.548753
 Next choice of angle = 62.188470
 angle = 62.188470 mle = -977.47170163 radius =    4.794679 wh =    4.240832 cn =    2.237028
 Next choice of angle = 67.693361
 angle = 67.693361 mle = -977.20447698 radius =    4.618883 wh =    4.273232 cn =    1.753159
 Next choice of angle = 68.357437
 angle = 68.357437 mle = -977.21581694 radius =    4.601932 wh =    4.277509 cn =    1.697262
 Next choice of angle = 67.222717
 angle = 67.222717 mle = -977.20294509 radius =    4.631437 wh =    4.270263 cn =    1.793061
 Next choice of angle = 67.324428
 angle = 67.324428 mle = -977.20283325 radius =    4.628686 wh =    4.270900 cn =    1.784417
 Next choice of angle = 67.320156
 angle = 67.320156 mle = -977.20283308 radius =    4.628801 wh =    4.270874 cn =    1.784780
 Next choice of angle = 67.320829
 angle = 67.320829 mle = -977.20283308 radius =    4.628783 wh =    4.270878 cn =    1.784723
 Next choice of angle = 67.321503
 angle = 67.321503 mle = -977.20283309 radius =    4.628765 wh =    4.270882 cn =    1.784666

 Finished :

 Angle = 45.000000 mle = -981.07716788 wh =    4.144025 cn =    4.144025
 Angle = 27.811530 mle = -989.07811580 wh =    3.981948 cn =    7.548753
 Angle = 62.188470 mle = -977.47170163 wh =    4.240832 cn =    2.237028
 Angle = 67.693361 mle = -977.20447698 wh =    4.273232 cn =    1.753159
 Angle = 68.357437 mle = -977.21581694 wh =    4.277509 cn =    1.697262
 Angle = 67.222717 mle = -977.20294509 wh =    4.270263 cn =    1.793061
 Angle = 67.324428 mle = -977.20283325 wh =    4.270900 cn =    1.784417
 Angle = 67.320156 mle = -977.20283308 wh =    4.270874 cn =    1.784780
 Angle = 67.320829 mle = -977.20283308 wh =    4.270878 cn =    1.784723
 Angle = 67.321503 mle = -977.20283309 wh =    4.270882 cn =    1.784666
+VERT  MLE    :    -977.202833
+VERT  INTER  :     14.8900 +-     1.0987
+VERT  SLOPE  :      1.4848 +-     0.7145
+VERT  SIN    :     -0.4840 +-     0.3698
+VERT  COS    :      1.5868 +-     0.3647
+VERT  SIN    :     -0.0705 +-     0.3383
+VERT  COS    :      0.9138 +-     0.3414
```

+VERT VL : 0.0075 +- 0.0001
+VERT WHITE NOISE
+VERT WH : 4.2709 +- 0.1695

+VERT POWER LAW NOISE
+VERT INDEX : -2.0000
+VERT PL : 1.7847 +- 0.5594

End Time : Thu Feb 22 13:18:10 2018

Total Time : 1

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Sercan BÜLBÜL
Uyruğu	**:**	Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Trabzon 22/01/1987
Telefon	**:**	+90 536 572 76 39
Faks	**:**	+90 332 223 06 35
e-mail	**:**	sercanbulbul@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Yabancı Dil Ağırlıklı Maçka Lisesi	2003
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi	2009
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi	2013
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi	2018

UZMANLIK ALANI

Ölçme Tekniği, Deformasyon Analizi, GNSS, MATLAB, Bernese, RTK

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN**, BİLGEN BURHANEDDİN (2018). ***Statistical analysis of accuracy and precision of GNSS receivers used in network RTK***. *Arabian Journal of Geosciences, 11(10), 227, Doi: 10.1007/s12517-018-3581-8 (Yayın No: 4236941)*

BAŞÇİFTÇİ FUAT, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, **BÜLBÜL SERCAN** (2018). ***Automatic Data Downloading Program (DDP) in Determining Regional Ionosphere Model.*** *Journal of New Results in Science, 7(1), 17-28. (Yayın No: 4275951)*

İNAL CEVAT, YETKİN MEVLÜT, **BÜLBÜL SERCAN**, BİLGEN BURHANEDDİN (2018). ***Comparison of L1 Norm and L2 Norm Minimisation Methods in Trigonometric Levelling Networks***. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette, 25(Supplement 1), 216-221., Doi: 10.17559/TV-20160809163639 (Yayın No: 4236936)*

BAŞÇİFTÇİ FUAT, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, **BÜLBÜL SERCAN** (2018). ***Comparison of Regional and Global TEC Values: Turkey Model***. *International Journal of Engineering and Geosciences, 3(2), 61-72., Doi: 10.26833/ijeg.382604 (Yayın No: 4224733)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, BAŞÇİFTÇİ FUAT (2017). ***Velocity Estimation of Turkish National Permanent GNSS Network Active Points Located at Central Anatolia Region***. *Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1(Special Issue), 18-25. (Yayın No: 3906818)*

BAŞÇİFTÇİ FUAT, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, **BÜLBÜL SERCAN** (2017). ***Determining regional ionospheric model and comparing with global models.*** *Geodetski vestnik, 61(03), 427-440., Doi: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.03.427-440 (Yayın No: 3676836)*

İNAL CEVAT, KOÇAK ÖZDEMİR, ESEN ÖMÜR, **BÜLBÜL SERCAN**, KIZGUT RAHİM (2017). ***Surveying and Mapping Using Mobile Phone in Archeological Settlements***. *Geographia Technica, 12(2), 82-96., Doi: 10.21163/GT_2017.122.08 (Yayın No: 3676851)*

İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN**, YILDIRIM ÖMER (2015). ***The Comparison of KOSAGA and CORS-TR in Real Time Kinematic Positioning***. *International Refereed Journal Of Engineering And Sciences(5), 1-1., Doi: 10.17366/UHMFD.2015514492 (Yayın No: 3676819)*

İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN** (2015). ***Selçuk Üniversitesi Kontrol Bazı***. *Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology, 1(3), 12-12., Doi: 10.15317/Scitech.2015310833 (Yayın No: 1668948)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER (2015). ***Comparisonof RTK, Network RTK and Total Station Data in Determination of Point Positions***. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7, 27-35., Doi: 10.15659/hartek.15.06.52 (Yayın No: 1899966)*

İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN**, YILDIRIM ÖMER (2014). ***Repeatable of Network RTK Measurement***. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 14(2), 1-7., Doi: 10.5578/fmbd.8548 (Yayın No: 3398202)*

İNAL CEVAT, GÜNDÜZ AHMET METE, **BÜLBÜL SERCAN** (2014). ***Comparison of Classic RTK and Network-RTK Methods***. *Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology, 2(2), 21-21., Doi: 10.15317/Scitech.201426890 (Yayın No: 1432583)*

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler :

BİLGEN BURHANEDDİN, İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN** (2018). ***The Effect of Session Duration in Determination of Point Movements with GNSS***. *FIG International Congress (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4277740)*

GELİŞKAN ŞEYDA, İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN**, GÜNDÜZ AHMET METE (2018). ***The Comparison of Accuracies of Results Obtained from Bernese v5.2 Software and Web-Based PPP Services***. *FIG International Congress 2018 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:4236961)*

BAŞÇİFTÇİ FUAT, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, **BÜLBÜL SERCAN** (2017). ***Automatic Data Downloading Program (VIP) in Determining Regional Ionosphere Model.*** *ISMSIT2017, 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3677008)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, BAŞÇİFTÇİ FUAT (2017). ***Velocity Estimation of Turkish National Permanent GNSS Network- Active Points Located at Central Anatolia Region***. *ISMSIT2017, 1st International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3677001)*

BİLGEN BURHANEDDİN, İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN**, TURGUT BAYRAM (2017). ***Determinability of the Changes in East-West and North-South Directions With GNSS Technique***. *FIG Working Week 2017 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3526358)*

BAŞÇİFTÇİ FUAT, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER, **BÜLBÜL SERCAN** (2017). ***Determination of Regional TEC Values by GNSS Measurements, A Case Study: Central Anatolia Sample, Turkey***. *FIG Working Week 2017 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3676995)*

KOÇAK ÖZDEMİR, ESEN ÖMÜR, **BÜLBÜL SERCAN** (2017). ***Afyonkarahisar İli ve İlçeleri 2016 Yılı Yüzey Araştırmaları***. *39. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, 2, 355-374. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3562458)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT (2016). ***Effect of Receiver Choosing on Point Positions Determination In Network RTK***. *European Geosciences Union General Assembly 2016 (Tam Metin Bildiri/Poster)(Yayın No:3398151)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT (2014). ***Usability of Cholesky Factorization Method in The Determination of Horizontal Deformations A Case Study Ermenek Dam***. *XXV FIG CONGRESS (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:1432460)*

BÜLBÜL SERCAN, YAĞCI CEREN (2012). ***The Applicability of The Model Three Dimensional Surveying for The Protection of Historical and Cultural Heritage an Example of The Province of Konya Sille***. *International Multudsiciplary 12th Scientific GeoConfference SGEM 2012, 2, 1169-1175., Doi: 10.5593/SGEM2012/S09.V2033 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:203368)*

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler :

İNAL CEVAT, FAKIOĞLU PELİN, **BÜLBÜL SERCAN** (2015). ***Hidrografik Ölçmeler ile Barajlardaki Sediment Miktarlarının Belirlenmesi***. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(4), 1-12. (Kontrol No: 1797281)*

İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN** (2013). ***Bağıl Güven Elipsleri Yöntemiyle Deformasyon Analizi Ermenek Barajı Örneği***. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(3), 9-20. (Kontrol No: 139796)*

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT, BİLGEN BURHANEDDİN (2016). ***Ağ Gzk da Alıcı Seçiminin Nokta Konumlamaya Etkisi***. *8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3398247)*

BİLGEN BURHANEDDİN, İNAL CEVAT, **BÜLBÜL SERCAN** (2016). ***GNSS Tekniği ile Yatay Yöndeki Deformasyonların Araştırılması***. *8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3398263)*

BÜLBÜL SERCAN, İNAL CEVAT, YILDIRIM ÖMER (2014). ***Nokta Konumlarının Belirlenmesinde Klasik RTK, Ağ RTK ve Total Station Tekniklerinin Karşılaştırılması***. *7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:1432432)*

PROJELER

Afyonkarahisar İli ve İlçeleri 2017-2018 Yılları Yüzey Araştırmaları, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü: KOÇAK ÖZDEMİR, Araştırmacı: KÜÇÜKBEZCİ HATİCE GÜL, Araştırmacı: KIZGUT RAHİM, Araştırmacı: TURGUT MURAT, Araştırmacı: ESEN ÖMÜR, **Araştırmacı: BÜLBÜL SERCAN**, 26/01/2017 **(Devam Ediyor) (Ulusal)**