

TÜRKİYE ULUSAL DOPPLER DATUMU - 1992
(TUDD - 92)

M.Emin AYHAN
Ali KILIÇOĞLU

ÖZET

Harita Genel Komutanlığınca satın alınan üç Magnavox MX1502 alıcısı ile TRANSIT sistemi uydu doppler konumlama çalışmalarına 1983 yılında başlanmıştır. Yarı kısa yay yöntemi ve yayın efemerisi kullanılarak, eş zamanlı doppler ölçüleri MAGNET yazılımı ile değerlendirilip baz vektörleri belirlenmiştir. Yayın efemerisi koordinat sistemindeki değişiklik gözönünde tutulup baz vektörleri aşamalı olarak değerlendirilmiş ve 253 noktadan oluşan Türkiye Ulusal Doppler Datumu-1992 (TUDD-92) belirlenmiştir. GPS ölçüleriyle WGS84 koordinatları belirlenen ortak noktalarda yapılan karşılaştırmada; TUDD-92 kenarlarının 0.439-0.782 ppm uzun, X ekseninin -0".823 dönük, ekvator düzleminin 2.659m aşağıda ve Y ekseninin -4.843m kayık olduğu görülmüştür.

ABSTRACT

TRANSIT Satellite Doppler Positioning surveys have started in 1983 by using three MX-1502 Magnavox receivers of General Command of Mapping. Baseline vectors were determined by evaluating simultaneous doppler data with magnet software, using short-arc translocation method and broadcast ephemerides. Baseline vectors were evaluated sequentially, considering the change of reference coordinate system of broadcast ephemerides, and, Turkish National Doppler Datum (TUDD-92), consists of 253 stations, was established. TUDD-92 was compared with WGS-84 at 19 colocated stations, WGS-84 coordinates of which were determined by GPS observations. When compared TUDD-92 with WGS-84 the differences were found to be 0,439 - 0,783 ppm. at baselines, -0",823 rotation in X axis, 2.659 m translation in Z axis and -4.843 m translation in Y axis.

1. GİRİŞ

Navigasyon amacıyla ABD'de geliştirilen TRANSIT veya NNSS (Navy Navigation Satellite System) ismi ile bilinen sistem 1967 yılında sivil kullanıcılara serbest bırakıldıktan sonra uydu doppler konumlama yöntemi jeodezik

Çalışmalarda da kullanılmaya başlanılmıştır. TRANSIT sisteminin fiziksel yapısı ve çalıştırılması, bu çalışmanın konusu dışında olup diğeri ilgili yayınlarda bulunabilir (Stansell, 1978). Bu alışmada, Harita Genel Komutanlığınca 1983 yılında üç Magnavox MX 1502 alıcısı ile başlatılan, Türkiye'deki TRANSIT doppler uydu konumlama faaliyetleri konu edilmektedir. Söz konusu konumlama çalışmaları ülke boyutunda planlanırken, lme ve değerlendirmelerin aşağıdaki hedefleri gerçekleştirmesi öngörülmüştür:

- a. Ulusal temel yatay kontrol ağını iyileştirmek.
- b. Yerel datum (TUD-54, ED-50) ile mutlak datum arasında dönüşüm parametrelerini belirlemek.
- c. Türkiye jeoidinin genel yapısını ortaya çıkarmak ve kontrol etmek.

Bu amaçları gerçekleştirmek üzere hiyerarşik bir doppler ağının kurulması düşünülmüştür. 1983 ve 1984 yıllarında çoğunlukla astronomi noktalarında ve I nci derece yatay kontrol noktalarında doppler ölçüleri yapılarak sıfırncı derece doppler ağı oluşturulmuştur. Sıfırncı derece nokta koordinatlarının başlangıçta duyarlı efemeris ve nokta konumlama yöntemiyle belirlenmesi düşünülmüştür. Bu düşüncenin gerçekleşmeme olasılığı gözönünde bulundurulurken, değerlendirmelerin yayın efemerisi ve translokasyon veya yarı kısa yay yöntemi ile yapılacağı düşünülerek eş zamanlı uydu geçişlerini izlemeye uygun bir ölçü planı uygulanmıştır. Sıfırncı derece ağ ölçüleri bitirildikten sonra bu noktaların aralarına, uygun sıklığı sağlayacak biçimde astronomi, I veya II nci derece yatay kontrol ile I veya II nci derece duyarlı nivelman noktalarında sıklaştırma noktaları tesis edilmiştir. Sıklaştırma nokta koordinatlarının sıfırncı derece noktalara dayalı olarak belirlenmesi düşünülmüştür. 1983-1991 yılları arasında yapılan lme çalışmaları ile; 30 adedi sıfırncı derece nokta olmak üzere toplam 257 noktadan oluşan bir doppler ağı kurulmuştur.

Çok sayıda noktadan oluşan bir doppler ağının ideal lme ve değerlendirme yöntemlerinden birinin belki de en önemlisinin; tüm noktalarda aynı anda eş zamanlı ölçü yapıp bu ölçüleri topluca yığın dengelemesi ile değerlendirip nokta koordinatlarını belirlemek olduğu düşünülebilir. Ancak bu düşüncenin gerçekleştirilmesi büyük ekonomik ve personel deşteği gerektirdiğinden uygulanması oldukça zordur. Türkiye gerçeği gözönüne alınırsa; mevcut 3 alıcı ve en çok 10 noktadaki ölçüleri topluca değerlendirebilen bir yazı-

lım yukarıda belirtilen ideal ölçme ve değerlendirme yönteminin Türkiye'de uygulanmasını olanaksızlaştırmaktadır. Ayrıca 1 Ocak 1987'de duyarlı efemeris, 27 Ocak 1989'da yayın efemerisi koordinat sistemlerinin değiştirilmiş olması, sözü edilen ideal yöntemin uygulanmasını engelleyen diğer bir nedendir (Malys, 1988; Magnavox, 1989).

Yukarıdaki açıklamalar gözönünde bulundurularak, 1983-1991 yılları arasındaki doppler ölçüleri ile ülkemizdeki mevcut koşullara uygun homojen doppler ağı oluşturmak üzere bir strateji geliştirilmiştir. Wells (1974), Chen (1982) ve Bock (1985)'de benzer öneri ve uygulamalar verilmekte olup, bu çalışmada üç aşamadan oluşan bir strateji benimsenerek doppler ağının oluşturulması öngörülmüştür. Bu üç aşama aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

- a. Baz vektör bileşenleri, yayın efemerisi ve yarı kısa yay yöntemiyle belirlenir.
- b. 27 Ocak 1989 tarihinden önce ve sonra ölçülen baz vektörleri ile Doppler-I ve II baz vektör ağı ayrı ayrı dengelenir.
- c. Doppler-I ve II datumları arasında dönüşüm yapılır.

Doppler ölçülerini değerlendirme yöntemlerini içeren ilk aşama diğer yayınlarda ayrıntılı olarak incelenmiş olduğundan burada ele alınmamaktadır (Wells, 1974; Brown, 1976; Kouba-Boal, 1976; Chen, 1982). İki ve üçüncü aşamalar kapsamında baz vektör ağı dengelemesi matematik modeli ile üç boyutta benzerlik dönüşümü sırasıyla ikinci ve üçüncü bölümlerde açıklanmaktadır. Burada iki ve üçüncü aşamalar ayrı ayrı uygulanmasına rağmen her iki aşamanın birleştirilerek tek bir model içerisinde çözümün bulunduğu modeller de mevcuttur (Ehlert, v.d.1982; Hothem, v.d.1982).

Üç aşamalı strateji ile Türkiye Ulusal Doppler Datumu- 1992 (TUDD-92)'nin belirlenmesi ve GPS ölçüleri ile WGS84 koordinatları bulunan ortak noktalarda TUDD-92 ve WGS84 sistemlerinin karşılaştırılması dördüncü bölümde sunulmaktadır.

2. BAZ VEKTÖR AĞI DENGELMESİ

i ve j noktaları arasında r_{ij} baz vektörünün (X,Y,Z) dik koordinat sisteminde ΔX_{ij} , ΔY_{ij} , ΔZ_{ij} bileşenleri ölçülmüş ve bileşenlerin varyans kovaryans matrisi Σ_{ij} bilinmektedir. i,j noktalarının bilinmeyen koordinatları ile tanımlanan r_i , r_j konum vektörleri ile r_{ij} baz vektör ölçüsü arasında

$$r_{ij} = r_j - r_i \quad (2.1)$$

fonksiyonel ilişkisi vardır. Noktaların yaklaşık koordinatları ile tanımlı r^0 yaklaşık konum vektörü ve r arasında

$$r = r^0 + \delta r \quad (2.2)$$

bağıntısı vardır. Burada δr , küçültülmüş koordinat bilinmeyenleri ile tanımlı vektördür ($\delta r = [\delta X \ \delta Y \ \delta Z]^T$). (2.2) tanımı (2.1)'de yerine konulur, r_{ij} ölçülerinin V_{ij} rasgele ölçü hataları ile yüklü olduğu gözönünde bulundurularak (2.1) düzenlenirse;

$$V_{ij} = \delta r_j - \delta r_i - l_{ij} \quad (2.3)$$

yazılır. Burada $-l_{ij}$ kısaltılmış ölçüdür ve $-l_{ij} = r_j^0 - r_i^0 - r_{ij}$ ile tanımlıdır. Baz vektör ağında her baz vektörü için (2.3) eşitliği yazılır ise, topluca

$$l + v = Ax \quad (2.4)$$

ile gösterilen baz vektör ağı dengelemesi fonksiyonel modeli oluşturulur. Burada;

- l Kısaltılmış ölçü vektörü,
- V Düzeltmeler vektörü,
- A Katsayılar matrisi (elemanları -1,0, +1'den oluşur).
- x Küçültülmüş koordinat bilinmeyenleri vektörüdür.

Her baz vektörü için verilen Σ_{ij} varyans-kovaryans matrisi ve σ_0^2 apriori varyans ile ölçülerin ağırlık matrisi P_l :

$$P_l = \frac{1}{\sigma_0^2} \text{diag} (\Sigma_{12}^{-1}, \Sigma_{13}^{-1}, \dots, \Sigma_{ij}^{-1}, \dots) \quad (2.5)$$

ile tanımlanır. Baz vektör ağında; baz vektör ölçüleri noktaların birbirlerine göre uzaklıklarını göstermenin yanı sıra (X,Y,Z) koordinat sisteminin ölçeği ve dönüklüğü konusunda da bilgi içerir. Ancak (X,Y,Z) sisteminin başlangıç noktası hakkında herhangi bir bilgi içermediğinden baz vektör ağlarının serbestlik derecesi (d) 3'dür. Ağ noktalarından birinin koordinatı sabit alınarak ağ belirli duruma getirilebilir. Ancak koordinatları başka bir yolla daha doğru belirlenen bir nokta yoksa, en küçük kareler dengelemesinde $V^T P_l V \Rightarrow \min$ koşuluna ek $X^T X \Rightarrow \min$ koşulu tanımlanarak, (2.4) ve (2.5) ile

verilen baz vektör ağı dengelemesi matematik modelinin bir çözümü aranır. Bu amaçla öncelikle $X^T X \Rightarrow \min$ koşulunu sağlayan d sayıda koşul seçilir ve bir G matrisi tanımlanır. u sayıda noktadan oluşan baz vektör ağında G matrisi

$$G^T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & . & . & . & . & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & & & & & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & . & . & . & . & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

3,3u

olmak üzere koşullar;

$$G^T X = 0 \quad (2.7)$$

ile tanımlanır. (2.4) ve (2.5)'den $V^T P_\ell V \Rightarrow \min$ koşulunu sağlayacak biçimde oluşturulan normal denklemlerin altına (2.7) eklenerek;

$$A^T P_\ell A X = A^T P_\ell \ell \quad (2.8)$$

$$G^T X = 0$$

yazılır. (2.8)'den

$$\hat{X} = -(A^T P_\ell A + G G^T)^{-1} A^T P_\ell \ell \quad (2.9)$$

$$\Sigma_{\hat{X}\hat{X}} = \hat{\sigma}_o^2 \{ (A^T P_\ell A + G G^T)^{-1} - G (G^T G)^{-1} (G^T G)^{-1} G^T \} \quad (2.10)$$

ve (2.4)'den

$$\hat{v} = A \hat{X} - \ell \quad (2.11)$$

ile bulunur. Burada $\hat{\sigma}_o^2$ aposteriori varyans olup, n baz vektörü sayısı olmak üzere;

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{\hat{v}^T P_\ell \hat{v}}{3n-3u+3} \quad (2.12)$$

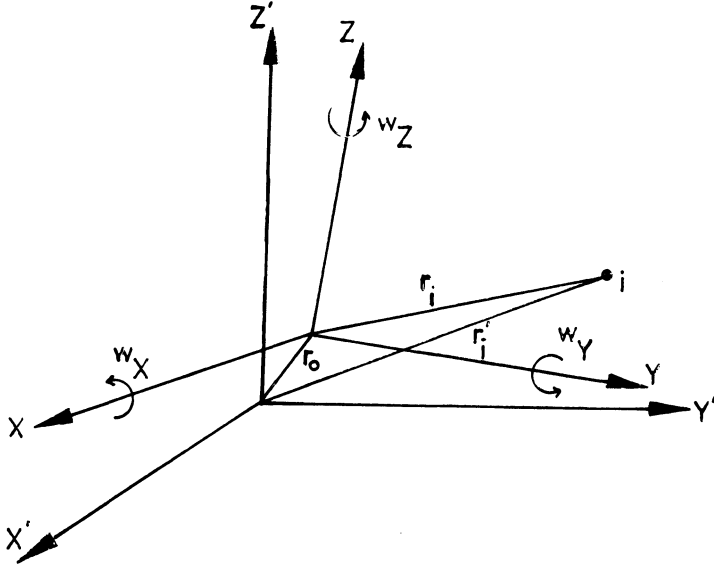
eşitliği ile tanımlıdır (Bock, 1982; Adams v.d. 1982; Leick, 1990).

3. ÜÇ BOYUTTA BENZERLİK DÖNÜŞÜMÜ

(X,Y,Z) ve (X', Y' , Z') dik koordinat sistemleri kayıklık(X_o, Y_o, Z_o), dönüklük ($\omega_x, \omega_y, \omega_z$) ve ölçek (Δ) nedeniyle birbirinden farklılık gösterir. i Yeryüzü noktasının her iki sistemde konum vektörleri r_i , r_i' arasında;

$$r_i' = r_o + (1+\Delta).R(\omega_z, \omega_y, \omega_x). r_i \quad (3.1)$$

ilişkisi yazılabilir (Şekil-1).



Şekil-1 : Üç Boyutta Dönüşüm

Burada r_o kayıklık vektörü, $R(\omega_z, \omega_y, \omega_x)$ dönüşüm matrisi olup I birim matris ile küçük dönüklükleri içeren Ω matrisi cinsinden

$$R(\omega_z, \omega_y, \omega_x) = I + \Omega \quad (3.2)$$

ile tanımlanabilir. (3.2) eşitliği (3.1)'de konulur ve bu eşitlik düzenlenirse;

$$\Delta : \Omega \cdot r_i + r_o + \Delta \cdot r_i + \Omega \cdot r_i + r_i - r'_i = 0 \quad (3.3)$$

olur. Burada bilinmeyen 3 kayıklık, 3 dönüklük ve ölçek farkının yaklaşık değerleri sıfır alınıp, Taylor seri açılımında iki ve daha üst dereceden terimler gözardı edilir ve r_i, r'_i konum vektörlerinin her ikisi de ölçü kabul edilerek düzenlenirse;

$$A_i \cdot X + B_i \cdot V_i + W_i = 0 \quad (3.4)$$

bulunur. Burada

$$A_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_i & Y_i & X_i \\ 0 & 1 & 0 & Z_i & 0 & -X_i & Y_i \\ 0 & 0 & 1 & -Y_i & X_i & 0 & Z_i \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

$$B_i = \begin{bmatrix} I & -I \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$$X = \begin{bmatrix} X_o & Y_o & Z_o & \omega_x & \omega_y & \omega_z & \Delta \end{bmatrix}^T \quad (3.7)$$

$$V_i = \begin{bmatrix} V_{x_i} & V_{y_i} & V_{z_i} & V_{x_i'} & V_{y_i'} & V_{z_i'} \end{bmatrix}^T \quad (3.8)$$

$$W_i = \begin{bmatrix} X_i - X_i' & Y_i - Y_i' & Z_i - Z_i' \end{bmatrix}^T \quad (3.9)$$

olarak tanımlıdır (Krakiwsky-Thomson, 1974; Rapp, 1976; Malys, 1988). Böylece ölçülerle bilinmeyenler arasındaki fonksiyonel model tanımlanmış olur. Ölçü olarak tanımlanan koordinatlara ilişkin ağırlık matrisi P_i

$$P_i = \sigma_o^2 \cdot \text{diag} (1/\sigma_{x_i}^2, 1/\sigma_{y_i}^2, 1/\sigma_{z_i}^2, 1/\sigma_{x_i'}^2, 1/\sigma_{y_i'}^2, 1/\sigma_{z_i'}^2) \quad (3.10)$$

ile tanımlanır. Bu eşitlikte; σ_o^2 birim ağırlıklı ölçünün apriori varyansı, $\sigma_{x_i}^2$, $\sigma_{y_i}^2$, $\sigma_{z_i}^2$, $\sigma_{x_i'}^2$, $\sigma_{y_i'}^2$ ve $\sigma_{z_i'}^2$ ise koordinatların varyanslarıdır (3.4)-(3.10) eşitlikleri Bursa modeli ile üç boyutta benzerlik dönüşümünün matematik modelini oluşturmaktadır. Bu modelde yedi bilinmeyen bulunduğundan, her iki koordinat sisteminde koordinatları bilinen en az üç ortak noktaya ihtiyaç duyulur. n ortak noktada oluşturulan (3.4) ve (3.10) eşitlikleri topluca;

$$A X + B V + W = 0 \quad (3.11)$$

$$P_w = \sigma_o^2 \text{diag} (1/\sigma_{x_1}^2, 1/\sigma_{y_1}^2, 1/\sigma_{z_1}^2, \dots, 1/\sigma_{x_n}^2, 1/\sigma_{y_n}^2, 1/\sigma_{z_n}^2)$$

ile gösterilir. (3.11)'in $V^T P_w V \Rightarrow \min$ ilkesini sağlayan bir çözümü;

$$\hat{X} = - (A^T (B P_w^{-1} B^T)^{-1} A)^{-1} A^T (B P_w^{-1} B^T)^{-1} W \quad (3.12)$$

$$\Sigma_{\hat{x}\hat{x}} = \hat{\sigma}_o^2 (A^T (BP_w^{-1} B^T)^{-1} A)^{-1} \quad (3.13)$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{\hat{V}_P^T \hat{V}_w}{3n-7} \quad (3.14)$$

ile bulunur. Dengeleme sonrasında standart olarak kullanılan model testi ve uyumsuz ölçü testine ek olarak bilinmeyenler de test edilebilir. 1 nci bilinmeyen $\hat{x}_1$ 'nin anlamlılığı için t-testi uygulanır ve

$$T_i = \frac{|\hat{x}_1|}{\hat{\sigma}_{\hat{x}_1}} \quad (3.15)$$

istatistiği hesaplanır. (3.15) ile bulunan istatistiğin

$$T_i \leq t_{f, 1 - \frac{\alpha}{2}} \quad (3.16)$$

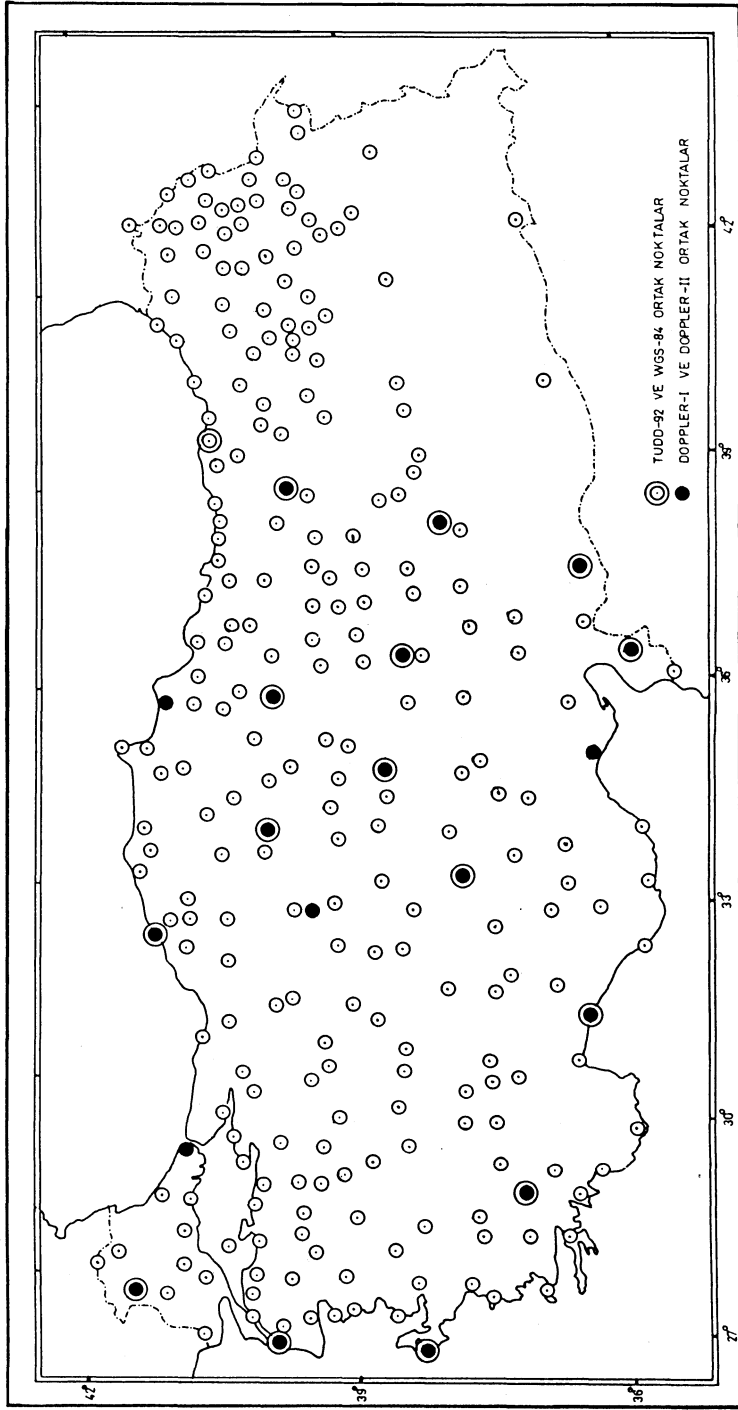
eşitsizliğini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilir. (3.16)'yı gerçekleştiren bilinmeyenlerin istatistik olarak sıfır varsayılabileceği sonucuna varılır. Burada $t_{f, 1 - \frac{\alpha}{2}}$; f serbestlik derecesi ve $\alpha/2$ istatistik güven ile belirlenen iki taraflı t istatistiği kritik değeridir. Gerek bu test sonucu sıfır kabul edilen, gerekse başka bir yol ile doğru biçimde belirlenen dönüşüm parametreleri dengelemede bilinen kabul edilebilir. Bu durumda (3.11) ile verilen matematik model

$$C X + W_c = 0 \quad (3.17)$$

koşul denklemi ile genişletilir. Koşulların sayısı, bilindiği kabul edilen dönüşüm parametre sayısına eşit olup C katsayılar matrisi ve W_c kapanmalar vektörü, sabit parametrelere bağlı olarak bulunur. Genişletilmiş bu matematik modelin çözümü Mikhail (1976) ve Malys (1988)'de verilmektedir.

4. TÜRKİYE ULUSAL DOPPLER DATUMUNUN OLUŞTURULMASI

1983-1991 yılları arasında 3 Magnavox MX1502 alıcısı ile yürütülen uydu doppler konumlama çalışmaları ile 257 doppler noktası tesis edilmiştir (Şekil-2). Alıcı sayısı, mevcut değerlendirme yazılımı olanakları ve mevcut efemeris türü gözönünde bulundurularak doppler ölçüleri eş zamanlı yapılmıştır. Birden fazla sayıda alıcı ile belirli bir zaman periyodunda eş zamanlı yapılan doppler ölçüleri bir grup olarak isimlendirilmektedir. Tablo-1'de yıllara göre ölçülen nokta, grup ve kabul edilebilir uydu geçiş sayıları verilmektedir.



Şekil-2 : Türkiye Ulusal Doppler Ağı

Tablo-1: Doppler nokta, grup ve uydu geçiş sayıları

Yıllar	Nokta	Uydu Geçişi	Grup (İki Alıcı)	Grup (Üç Alıcı)
1983	8	100	1	3
1984	22	100	-	12
1985	48	25	20	14
1986	48	25	10	19
1987	23	25	13	5
1988	39	25	1	23
1989	50	25	2	13
1990	19	40	2	22
1991	-	-	-	13
TOPLAM	257		49	124

257 doppler noktasından 125 adedi astronomi, 38 adedi I ve II nci derece yatay kontrol ve 104 adedi I ve II nci derece duyarlı nivelman noktaları ile çakışık seçilmiştir. Böylece giriş bölümünde belirtilen amaçlara uygun nokta seçimi hedeflenmiştir. 1985 ve 1991 yılları hariç, grup ölçüleri yapılırken bir alıcı Ankara yakınındaki 7213 no.lu Meşedağ yatay kontrol noktasında sabit tutulmuştur. 1985 yılında 2005 no.lu noktada sabit tutulan bir alıcı ile 34 grup ölçülmüştür. 1991 yılında ise daha önceki yıllarda ölçülen ve bindirmeleri olmayan gruplarda bindirme sağlayacak bir ölçü planı izlenmiştir. Başlangıçta amaçlanan, giriş bölümünde kısaca açıklanan, doppler datumu oluşturma stratejisi, nokta konumlama yöntemine uygun yazılım temin edilmeyip ölçü döneminin tamamını kapsayan duyarlı efemeris sağlanamadığından (yalnızca 1983, 1984 yıllarında belirli periyodlar için ABD'den temin edildi) uygulanamamıştır. Bunun yerine, yine giriş bölümünde belirtilen, üç aşamadan oluşan bir strateji uygulanmıştır. Aşağıda her aşamada yapılan işlemler ayrı ayrı açıklanmaktadır.

İlk aşamada 257 nokta arasında toplam 421 baz vektörü oluşturulmuştur. Baz vektörlerinin uç noktalarında eş zamanlı doppler ölçüleri yapıldığından

her bir baz vektörü aynı zamanda bir grup doppler ölçüsüne karşılık gelmektedir. Ölçü sırasında, ölçü yapılan uduya ait yayın efemerisi de kaydedilmektedir. Doppler ölçülerini değerlendirmek üzere, Magnavox MX1502 alıcılardan bir de MAGNET yazılımı satın alınmıştır. MAGNET yazılımı;en çok 10 alıcı ile eşzamanlı ölçülen doppler ölçülerini yarı kısa yay yöntemiyle değerlendirir (Magnavox 1978; Ross, 1979). Doppler noktaları arasında oluşturulan her baz vektörü, diğer bir deyişle her grup doppler ölçüsü, MAGNET yazılımı ile ayrı ayrı değerlendirilerek baz vektör bileşenleri ve varyans kovaryans matrisi hesaplanmıştır. Yarı kısa yay yöntemi ve yayın efemerisi ile yapılan değerlendirmede nokta koordinatları bilinmeyen seçilmiş, koordinatlar üzerine herhangi bir koşul konulmamıştır. Bu nedenle hesaplanan baz vektör bileşenleri uydu yörüngesine dayalı ortalama bir koordinat sisteminde dir.

Yayın efemerisi koordinat sisteminin 27 Ocak 1989 tarihinde değiştirilmesi, 257 nokta ve 421 baz vektöründen oluşan ağı bölüm 2'de verilen yöntem ile topluca dengeleyip homojen bir doppler ağı oluşturma olanağı vermemektedir. Bu nedenle, giriş bölümünde açıklanan, doppler datumu aşamalarından ikincisi kapsamında, 27 Ocak 1989 tarihinden önce ve sonra ölçülen nokta ve baz vektörleri ile sırasıyla Doppler-I ve Doppler-II ağı oluşturulmuştur. Bazı nokta ve baz vektörleri ortak olmak üzere Doppler-I ağı 184 nokta ve 273 baz vektörünü, Doppler-II ağı ise 93 nokta ve 148 baz vektörünü kapsamaktadır. Doppler-I ve II ağı bölüm 2'de verilen baz vektörü ağı dengeleme modeli ile ayrı ayrı dengelenip Doppler-I ve II datumları oluşturulmuştur. Dengelemede baz vektörü bileşenlerinin kendi aralarında korelasyonlu olduğu varsayılmış ve ağırlıklar MAGNET ile bulunan varyans-kovaryanslardan yararlar hesaplanmıştır. Doppler-I ağına dengelemesinde 8448, 90-34, 8402 no.lu nivelman ve 23103 no.lu yatay kontrol noktası ile çakışık dört doppler noktasına bağlı 9 baz vektörü uyumsuz bulunmuştur. Bu noktalarda başka ölçü bulunmadığından, hem bu 4 nokta hem de bu noktalarla bağıntılı 9 baz vektörü değerlendirme dışında tutulmuştur. Doppler-I ve -II ağı dengelenirken nokta koordinatlarının tamamı bilinmeyen seçilmiştir. İlk aşamada, baz vektörleri hesaplanırken sabit nokta verilmediğinden oluşturulan her iki datumun ölçeği ve yönlendirilmesi yayın efemerisi ile belirlenmiştir. Doppler I ve -II koordinat sistemlerinin başlangıç noktaları ise ikinci aşamadaki dengelemede tanımlanmıştır. Bu nedenle Doppler-I koordinat sisteminin NWL10D koordinat sistemine, Doppler-II koordinat sisteminin ise WGS-84 koordinat

sistemine yakın olduğu değerlendirilmektedir (Leroy-Jenkins,1979; Kumar, 1982).

Doppler-I ve -II datumları oluşturulurken kullanılan ölçüler bir kez de topluca dengelenmiştir. Doppler-I, -II ağ dengelemeleri ve son yapılan bu dengelemeye (Doppler III) ait istatistikler tablo-2'de gösterilmektedir. Tablodan görüldüğü gibi Doppler-III ağ dengelemesinde uyumsuz ölçü olmasına rağmen model testinin hala geçersiz olması dikkat çekicidir. Bu durumun Doppler- I ve II koordinat sistemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Baz vektör ağ dengelemelerinde σ_0^2 apriori varyans baz vektörü bileşenlerine ait varyansların aritmetik ortalaması ile bulunmuştur. MAGNET ile görelî konumlama konum duyarlılığı,

Tablo-2: Baz Vektörü Ağ Dengeleme İstatistikleri

DENGELEME TÜRÜ	DOPPLER-I	DOPPLER-II	DOPPLER-III
Ölçü	792	444	1236
Bilinmeyen	552	279	759
Rank Bozukluğu (Ağın Serbestlik Derecesi)	3	3	3
Uyumsuzuz Ölçü	9	6	25
σ_0	± 0.23 m	± 0.28 m	± 0.26 m
$\hat{\sigma}_0$	± 0.24 m	± 0.28 m	± 0.45 m
Model Testi	Evet	Evet	Hayır
$\sigma_{iç}$	± 0.37 m	± 0.43 m	± 0.66 m

$$\sigma = \pm \frac{150}{\sqrt{a(b-1)}} \quad (4.1)$$

deneyisel eşitliği ile verilmektedir (Ross, 1979). Burada a ortak uydu geçiş sayısı ve b nokta sayısıdır. Tablo-1'de verilen ortak uydu geçiş sayıları ile Doppler-I ve -II ağları için (4.1)'den hesaplanan duyarlıklar sırasıyla 15-30cm ve 24-30cm dir. Tablo-2'deki σ_0^2 apriori varyans ve $\hat{\sigma}_0^2$ aposteriori varyans bu değerlerle karşılaştırıldığında, (4.1) deneyisel duyarlık formülünün anlamlı olduğu görülmektedir.

Doppler datumu oluşturma stratejisinin son aşaması NWL 10D koordinat sistemine yakın Doppler-I koordinat sistemi ile WGS84 koordinat sistemine yakın Doppler-II koordinat sistemleri arasında üç boyutta dönüşümdür. İki koordinat sistemi arasında 19 ortak nokta koordinatları ile Bursa modeline uygun dönüşüm yapılmıştır. Ortak noktaların konumları şekil-2'de gösterilmektedir. Dönüşümde ağırlıklar; koordinatların Doppler-I ve -II ağı dengelemelerinde bulunan varyansları ve bu varyansların aritmetik ortalaması ile tanımlanan a priori varyans ile belirlenmiştir. Dönüşüm hesabına 7 parametre ve 57 koordinat ölçüsü ile başlanmış, model testi ve t istatistiğı ile uyumsuz ölçü testi yapılıp uyumsuz ölçüler ayıklanmıştır. Daha sonra (3.15) ve (3.17) ile t-testi yapılıp bilinmeyenlerin anlamlı olup olmadıkları belirlenmiştir. Ölçüler arasında uyumsuz ölçüler ayıklanıp, bilinmeyenlerin anlamlı olduğı çözüm elde edilene kadar iterasyon yapılmıştır. Doppler-II koordinat sistemleri arasında, yukarıda açıklanan algoritma ile hesaplanan dönüşüm parametreleri tablo-3'de verilmektedir.

Tablo-3 : Dönüşüm Parametreleri

Sistem 1 - Sistem 2	X_o σ_{x_o} (m)	Y_o σ_{y_o} (m)	Z_o σ_{z_o} (m)	ω_x σ_{ω_x}	ω_y σ_{ω_y}	ω_z σ_{ω_z}	Δ σ_{Δ}
Doppler-I - Doppler -II	± 13.324 ± 0.889	-18.359 ± 1.351	0	0	0	$-0''.933$ ± 0.067	-0.136ppm $\pm 0.030\text{ppm}$
TUDD-92 - WGS84	0	-4.843 ± 1.109	± 2.659 ± 0.496	0	0	$-0''.823$ ± 0.039	-0.439ppm $\pm 0.121\text{ppm}$

Tablo'da verilen dönüşüm parametreleri incelendiğinde Doppler-I ve -II koordinat sistemlerinin X eksenleri arasında $0''.923$ dönüklük olduğı görülmektedir. TRANSIT sistemi yayın efemerisi koordinat sistemi ile WGS-84 koordinat sistemini karşılaştırmak amacıyla yapılan diğeri çalışmalarında, burada hesaplanan dönüklüğe yakın değerler ($0''.8..v.b.$) belirlenmiştir (Hothem, v.d., 1978; 1982; DMA 1987). Ancak ölçek farkının küçük, x_o , y_o kayıklıklarının anlamlı ve büyük ve z_o kayıklığının anlamsız olması, diğeri benzer çalışmalarda bulunan sonuçlar ile uyuşmamaktadır. Buradan TRANSIT sistemi yayın efemerisi koordinat sisteminin proje alanına göre oluştuğı anlaşılmaktadır. Nitekim Askhenazi (1979) ve Kumar (1982)'de verilen farklı dönüşüm parametreleri de bunu doğrulamaktadır.

Doppler-I ve -II ağılarında, ortalama Helmert konum duyarlılığı, diğer de-
ğişle $m_{iç}$ iç duyarlık sırasıyla $\pm 0.37m$ ve $\pm 0.43m$ bulunduğundan Doppler-I
ağının daha duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bu düşünce ile tablo-3'de
verilen uygun dönüşüm parametreleri kullanılarak Doppler-II noktaları Dopp-
ler-I datumuna dönüştürülmüştür. Böylece Doppler-I datumunda, 253 noktadan
oluşan homojen bir ağ elde edilmiştir. Bu ağ Türkiye Ulusal Doppler Datumu-
1992 (TUDD-92) ismi ile anılacaktır. TUDD-92 noktalarının Helmert konum du-
yarlıkları 0,07m ile 0,64m arasında değişmektedir.

TUDD-92'nin doğruluğunu kontrol etmek ve TUDD-92 ile WGS-84 koordinat
sistemleri arasında dönüşümü sağlamak amacıyla şekil-2'de konumları gösteri-
len 16 TUDD-92 noktasında GPS ölçüsü planlanmıştır. 1990 yazında gerçekle-
ştirilen kampanyada 8 NAVSTAR-GPS alıcısı ile 6 grup ölçü yapılmış ve grup öl-
çüleri topluca Bernese V3.3 yazılımı ve duyarlı efemeris ile değerlendirilmiş-
tir. Değerlendirmede 7580 (Yığılca), 7587 (Melengiçlik/Karaman) ve 7585(Yoz-
gat) SLR noktalarının ITRF89 koordinatları sabit tutulmuştur. ITRF89 koor-
dinat sistemi; IERS (International Earth Rotation Service) tarafından VLBI,
LLR ve SLR ölçüleriyle koordinatları belirlenen dünya üzerinde dağılmış nok-
talardan yararlı belirlenmiştir. ITRF89'un belirlenmesinde Yığılca, Melen-
giçlik/Karaman, Yozgat ve Diyarbakır'da bulunan SLR istasyonlarının SLR ile
belirlenen koordinatları da kullanılmıştır (Boucher 1990; BIH, 1990). IAG'-
nin EUREF Alt Komisyonunca Firenze'de düzenlenen toplantıda "WGS-84 ile 1
metre seviyesinde uyumlu olan ve birçok uygulamada zamandan bağımsız kabul
edilebilen ITRF89' un, EUREF koordinat sistemi olarak kabul edilip ETRS 89
(European Terrestrial Reference System 89) ismi ile anılması" kararlaştırıl-
mıştır. 4 SLR noktasının koordinatları ETRS 89'da olduğundan, bu noktalardan
üçü ile bağlantılı GPS ölçüleri ile koordinatları bulunan diğer 13 ortak nok-
ta dolaylı olarak EUREF koordinat sisteminde (ETRS89)'dir. Ancak, bu çalış-
mada; ETRS 89 ile WGS 84'ün birbirine çok yakın olduğu gözönünde bulunduru-
larak GPS koordinatlarının WGS-84 koordinat sisteminde oldukları kabul edil-
miştir. Ortak noktaların $(X,Y,Z)_{TUDD-92}$ ve $(X,Y,Z)_{WGS-84}$ koordinatları ölçü
kabul edilerek bölüm 3'de verilen Bursa modeli ile iki koordinat sistemi ara-
sında yapılan dönüşümde belirlenen parametreler tablo-3'de verilmektedir.Tab-
loda verilen dönüşüm parametreleri incelendiğinde TUDD-92'de kenarların WGS-
84 sistemine göre 0,439 ppm daha uzun, X eksenleri arasında 0".825 dönüklük
ve WGS84 ekvator düzleminin 2.659m yukarda olduğu görülmektedir. Ölçek farkı
dönüklük ve Z eksenindeki kayıklık DMA (1987), Boucher,v.d.(1989) ve Soler,

v.d.(1989)'da verilen parametreler ile uyumlu olmasına rağmen y ekseninin kayık bulunması, TUDD-92 koordinat sisteminin Türkiye koşullarına uygun özel bir koordinat sistemi olduğunu göstermektedir.

DMA (1987)'de, WGS84 koordinatlarını hesaplamak için kullanılacak yöntemler belirtilmektedir. Bu yöntemlerden biri; TRANSIT sistemi uydu doppler konumlama ile bulunan koordinatların daha sonra uygun dönüşüm parametreleri ile WGS84 koordinat sistemine dönüştürülmesidir. Bu yöntem ile elde edilen koordinatlar pseydo WGS-84 koordinatları olarak anılacaktır. TUDD-92 sistemindeki 253 noktanın pseydo-WGS-84 koordinatlarını belirlemek amacıyla tablo-3'de verilen TUDD-92 - WGS84 dönüşüm parametreleri ile TUDD 92 nokta koordinatları WGS84'e dönüştürülmüştür. TUDD-92 nokta koordinatları ve dönüşüm parametrelerinin duyarlıkları gözönünde bulundurularak, pseydo-WGS84 koordinatlarına ait Helmert konum duyarlıklarının 1.70m ile 3.08m arasında değiştiği belirlenmiştir.

Koordinat sistemlerinin; kayıklık ve dönüklükten etkilenmeyen, birbirlerine uyumlarını gösteren ölçütler tanımlayarak TUDD-92 ile WGS84'ün karşılaştırılması düşünülebilir. Bu amaçla iki ölçüt tanımlanmıştır. Bunlardan ilki; her iki koordinat sisteminde aynı kenar için bulunan uzunlukların farkı ΔS ve bu farkın duyarlılığı $\sigma_{\Delta S}$ 'den yararlanarak

$$\frac{\Delta S}{\sigma_{\Delta S}} \quad (4.2)$$

ile tanımlanan dış uyum ölçütüdür. Dış uyum ölçütünün normal koşullarda bire yakın bir değer olması beklenir. İkinci ölçüt ise iki sistemin ölçek farkını, dönüşüm hesabı yapmadan belirlemeye yarayan ve

$$\Delta = \frac{\Delta S}{S} \quad (4.3)$$

ile tanımlanan ölçüttür (Krakiwsky v.d. 1974). Bu ölçütlardan ölçek farkı kenar duyarlılığından bağımsız olmasına rağmen dış uyum ölçütü kenar duyarlılığına dolayısıyla koordinatların duyarlılığına bağlıdır. Dış uyum ölçütü; kenar uzunlukları farkı ile bu farkın duyarlılığının aynı mertebeden büyüklükler olduğu kabul edilerek tanımlanmıştır. Bu nedenle, hesaplanan koordinat duyarlıklarının gerçekçi olup olmadığını kontrol etmek için de kullanılabilirliği düşünülmektedir.

TUDD-92 ve WGS84'de ortak 15 nokta (1 nokta uyuşumsuz) arasında oluşturulan toplam 105 kenar için yapılan uygulamada dış ölçütlerinin RMS değeri 1.337 ve (4.3) ile tanımlı ölçek farkı -0.782 ± 0.104 ppm bulunmuştur. Ölçek farkı, kenarların duyarlılığı ile tanımlanan ağırlıklar kullanılarak da ayrıca hesaplanmış ve -0.575 ± 0.126 ppm olduğu belirlenmiştir. (4.3) ile bulunan ölçek farkı 7 parametrelili dönüşümde hesaplanan ölçek farkı ile benzer olduğundan güvenilir olduğu düşünülmektedir. Dış uyum ölçütünün 1.337 olarak belirlenmesi TUDD-92 ve WGS84'ün uyumlu olduğunu göstermektedir. Dış uyum ölçütü hesaplanırken ΔS farklarının $\sigma_{\Delta S}$ duyarlılıklarından 2 kat büyük olduğu gözlenmiştir. Bunun üzerine TUDD-92 ve WGS-84 kenar duyarlılıkları 2 kat artırılmıştır. Bu durum TUDD-92 ve WGS-84 sisteminde hesaplanan koordinat duyarlılıklarının gerçekçi olmayıp iyimser rakamlar olduğunu göstermektedir.

TUDD-92'nin doğruluk ve güvenilirliğini; ülkemizde mevcut SLR noktalarının SLR ölçüleri ile bulunan koordinatları ile de kontrol etmenin büyük yararlar sağlayacağı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR

Türkiye'de, 257 nokta arasında toplam 421 baz vektörü Harita Genel Komutanlığınca üç Magnavox MX1502 alıcısı ile 1983-1991 yıllarında ölçülmüştür. Ancak 8448, 90-34, 8402 ve 23103 no.lu dört nokta ve bunlara bağlı dokuz baz vektörü uyuşumsuz bulunduğundan değerlendirilmemiştir. 27 Ocak 1989 tarihinde TRANSIT sistemi yayın efemerisi koordinat sistemindeki değişiklik gözönünde bulundurularak 253 nokta ve 412 baz vektörü üç aşamada değerlendirilmiş ve TUDD-92 belirlenmiştir. Üç boyutlu jeosentrik TUDD-92 koordinat sistemi NWL 10D koordinat sistemine yakın, WGS72 koordinat sisteminden farklı, Türkiye koşullarında belirlenmiş orijinal bir sistemdir. WGS84 koordinatları GPS ölçüleri ile belirli noktalarda yapılan karşılaştırmada, TUDD-92 kenarlarının 0.439 ppm (veya 0.782 ppm) uzun, X ekseninin $-0''.823$ dönük, ekvator düzleminin 2.659 m aşağıda ve Y ekseninin -4.843 m kayık olduğu belirlenmiştir. TUDD-92 ile WGS84 için hesaplanan dış uyum ölçütünün 1.337 olması bu iki sistemin birbirine uyumlu olduğunu göstermektedir. Dış uyum ölçütü belirlenirken yapılan incelemede, WGS84 ve TUDD-92 koordinatlarına ait duyarlılıkların gerçekçi olmadığı, oldukça iyimser oldukları anlaşılmıştır.

TUDD-92 noktalarının gösterildiği şekil-2 incelendiğinde bazı bölgelerde ölçü sıklığının yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca doppler ölçüsü ya-

pılan 104 nivelman noktasının dağılımı yetersiz olduğundan Türkiye için doppler jeoidi belirleme olanağı bulunamamıştır. Dengeleme sırasında uyumsuz bulunan dört nokta ve TRANSIT sisteminin 1990'lı yılların sonuna doğru uygulamadan kaldırılma eğilimi de gözönünde bulundurularak ek doppler ölçülerinin gelecek birkaç yıl içinde planlanıp tamamlanması gerektiği düşünülmektedir. Yeni ölçüler yapıldığında bu çalışmada izlenen üç aşamalı strateji ile tüm ölçüler topluca yeniden değerlendirilerek yeni doppler datumu oluşturulacaktır.

Bilindiği gibi Türkiye'de SLR ölçüleri ile koordinatları belirlenen dört nokta bulunmaktadır. Bu noktalar global anlamı da olan ITRF89'un tanımlanmasında da kullanılmıştır. Ayrıca bu noktalarda GPS ölçüleri yapılmış ve WGS84 koordinatları belirlenmiştir. Bu dört nokta yersel ölçülerle yatay kontrol ağına bağlanmış olmasına rağmen; TUDD-92 sisteminde koordinat hesabına uygun doppler ölçüleri yapılmamıştır. Hem bu üç uydu konumlama sisteminin kendi aralarındaki ilişkilerini belirlemek, hem de mevcut yersel datum ile karşılaştırmak, dönüşümü sağlamak amacıyla, dört SLR noktasının TRANSIT doppler ölçüleriyle koordinatlarının belirlenmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

TUDD-92 noktaları için belirlenen pseypo-WGS84 koordinatlarının öncelikle doğruluk ve güvenilirliğini kontrol etmek, sonra da uygulamada kullanılabilirliklerini ortaya çıkarmak gerektiği düşünülmektedir. Bu amaçla yeteri sayıda TUDD-92 noktasının, GPS ölçüleri ile WGS-84 koordinatlarını doğrudan belirleyip pseypo-WGS84 koordinatları ile karşılaştırmak uygun olacaktır.

1983 yılında doppler çalışmaları başladığında ülke boyutunda ölçme ve değerlendirme için farklı bir strateji belirlenmesine rağmen, zaman içinde koşulların değişmesi sonucu üç aşamalı bir strateji ile TUDD-92 oluşturulmuştur. Ancak bugün GEODOP ve DOPF79 isimli nokta konumlama yöntemi ve duyarlı efemeris ile koordinat belirleyen iki yazılım, Temmuz-Eylül 1983, Mayıs-Kasım 1984 döneminde belirli periyodlar için duyarlı efemeris temin edilmiştir. Bu nedenle başlangıçtaki stratejiye uygun olarak yeni bir doppler datumu oluşturulup TUDD-92 ile karşılaştırılması gerekli bulunmaktadır.

Son olarak TRANSIT sistemine çok benzeyen ve ülkemizde jeodezi kamuyu gündemini son beş yıldır işgal eden NAVSTAR-GPS konumlaması ile ülke boyutunda ölçme ve değerlendirme çalışmalarına değinmekte yarar bulunmaktadır.

dır.Türkiye'de TRANSIT sistemi uydu doppler konumlaması ile ilgili başlangıçta oluşturulan ülke boyutunda ölçme ve değerlendirme stratejileri zaman içinde koşullara uygun değiştirilerek sonunda TUDD-92'nin belirlenmesi noktasına gelmiştir. TRANSIT sistemi ile jeodezik konumlama yalnızca Harita Genel Komutanlığınca yapıldığından strateji değişiklikleri kolayca yapılabilmiştir.NAVSTAR - GPS ile konumlama bu yönden TRANSIT sistemi ile konumlamadan temel bir farklılık gösterir. GPS ile konumlamamanın duyarlı ve ekonomik olması, değişik disiplinlerden özel ve kamu kesiminden çok sayıda uygulayıcının dikkatini çekmiştir. Türkiye'de ilk GPS çalışmalarının jeoloji ve jeofizik kökenli uygulamalarca başlatılmış olması bu durumun belirgin bir örneğidir. Mevcut koşullar düşünüldüğünde, ülkemizde NAVSTAR-GPS ile ilgili faaliyetlerin TRANSIT sisteminde yaşananlara benzerlik gösterdiği görülmektedir. Jeodezi kamuoyunda benimsenmiş ülke boyutunda GPS ölçme ve değerlendirme stratejileri halen oluşturulamamıştır. GPS ile konumlamamanın çok yaygın kullanılma beklentisi, zaman içinde uygun stratejiler üretilip gerçek yaşantıya aktarılmasını zorlaştıracığı değerlendirilmektedir. TRANSIT doppler uydu konumlama sisteminin Türkiye'deki uygulamasında kazanılan deneyimler de gözönünde bulundurularak; "Jeodezi kamuoyunda genel kabul gören, ülke boyutunda, Jeodezik amaçlı, NAVSTAR-GPS ölçme ve değerlendirmeleri ile WGS-84'ün yerel datümlarla (ED-50, TUD-54)ilişkisini tanımlayan stratejilerin belirlenmesi" gerektiği düşünülmektedir.

K A Y N A K L A R

- /1/ Adams,J.R., : Consolidation of Doppler Satellite Subnets into Ho-
J.F.Mc.Lellan, mogeneous Network. Proc. of 3rd Int.Geod. Sym.on Sat.
J.B.Schleppe Dopp.Pos., New Mexico, pp.429-445, 1982.
- /2/ Askhenazi,V. : Recent Doppler Campaigns in the United Kingdom.Proc.
of 3rd Int.Geod.Sym.on Sat Dopp.Pos.,New Mexico,pp.
801-819, 1975.
- /3/ BIH : Annual Report for 1989. IERS, Observatoire de Paris,
1990.
- /4/ Bock,Y. : The use of baseline measurements and geophysical mo-
dels for the estimation of crustal deformations and
the terrestrial reference system. Dept.of Geod.Sci.
and Surv.,Rept.No.337, OSU, Columbus, 1982.
- /5/ Bock,Y. : Establishment of Three-Dimensional Geodetic Control
by Interferometry with the Global Positioning System.
JGR, Vol.90, No.B9,pp.7689-7703, 1985.
- /6/ Boucher,C., : Relation between BTS87, WGS84 and GPS activities.An-
Z.Altamini, nual Rept. for 1987, BIH,pp.D-131-D-140, 1988.
P.Willis.
- /7/ Boucher,C. : Referenced systems related to GPS. Presented to EUREF
Syb., Firenze, 1990.
- /8/ Chen,J.Y. : Geodetic Datum and Doppler Positioning. Mitteilungen
der geodätischen, Institute der Technischen Universi-
tät Graz. Folge 39, Graz, 1982.
- /9/ DMA Technical : Supplement to Department of Defense World Geodetic
Report. System 1984. Part I, Defense Mapping Agency, 1987.
- /10/ Ehlert,D., : Combining the results of simultaneous doppler obser-
W.Schlüfer, vation campaigns.Demonstrated on the basis of the
P.Wilson. results of European Measurements. Proc.of 3rd Int.
Geod.Sym.on Sat.Dopp.Pos., New Mexico, pp.447-462,
1982.

- /11/ Hothem,L.D., : Orientation and scale of satellite doppler results
D.S.Robertson, based an combination and comparison with other
W.E.Strange. space systems. Proc.of 2nd Int. Sym.on Problems
Related to the Redefinition of North American Geo-
detic Networks, Arlington, Virginia, pp.167-180,
1978.
- /12/ Hothem,L.D., : Relationship between doppler and other advanced
T.Vincenty, geodetic system measurements based on global data.
R.E.Moose. Proc.of 3rd.Int.Geod.Sym.on Sat.Dopp.Pos.,New Me-
xico,pp.109-128, 1982.
- /13/ Jenkins,R.E., : "Broadcast" versus "Precise" Ephemeris. Apples and
C.E.Leroy. Oranges? Proc.of the 2nd.Int.Geod.Sym.on Sat.Dopp.
Pos.,Austin, Texas,pp.39-61, 1979.
- /14/ Kauba,J., : Program GEODOP.Energy, mines and Resources Canada.
J.D.Boal. 1976.
- /15/ Krakiwsky,E.J., : Mathematical models for the combination of Terres-
D.B.Thomson. trial and Satellite Networks, Canadian Surveyor.
Vol.28,No.5.pp.606-614, 1974.
- /16/ Kumar,M. : An unbiased analysis of doppler coordinate systems.
Proc.of 3rd Int.Sym.of Sat.Dopp.Pos., New Mexico,
pp.169-182, 1982.
- /17/ Leick,A. : GPS Satellite Surveying. John Wiley & Sons.New
York, 1990.
- /18/ Magnavox : Transit Satellite Geodesy. Bulletin, No.299,1989.
- /19/ Malys,S. : Dispersion and correlation among Transformation
Parameters Relating two Satellite Reference Frames.
Dept.of Geod.Sci.and Surv.,OSU,Rept.No.392,Colum-
bus, 1988.
- /20/ Mikhail,E.W. : Observations and Least Squares. Harper & Row Pub-
lishers.
- /21/ Rapp,R.H. : Geometric Geodesy. Vol.II(Advanced Techniques).
Dept.of Geod.Sci., OSU, Columbus, 1976.

- | | | |
|------|---|---|
| /22/ | Ross,W.T. | : MAGNET, Magnavox Network Adjustment post processing software. Proc.of 2nd.Int.Sym.on Sat.Dopp. Pos., Austin, Texas,pp.231-245,1979. |
| /23/ | Soler,T.,
L.D.Hothem. | : Important Parameters used in Geodetic Transformation. Journal of Surv.Eng., Vol.115,No.4,pp.414-417, 1989. |
| /24/ | Stansell,T.A. | : The TRANSIT Navigation Satellite System.Magnavox, 1978. |
| /25/ | Wells,D.E. | : Doppler Satellite Control.Dept.of Surv.Eng.,University of New Brunswick,Fredericton, Technical Report.No.29, 1974. |
| /26/ | Wells,D.E.,
E.J.Krakiwsky,
D.B.Thomson. | : Internal and External Consistency of Doppler,Satellite-Triangulation and Terrestrial Networks. Canadian Surveyor, Vol.28,No.5,pp.467-473, 1974. |
| /27/ | Brown,D. | : Doppler Surveying with the JMR-1 receiver. Bull. Geod., Vol.50,No.1, pp.9-25, 1976. |