

ÖRNEK BİR UYGULAMA -EDİRNE GPS KAMPANYASI VE ÇÖZÜM ALGORİTMALARI-

VAKIF ERDOĞAN

R.YÜCEL YAŞAYAN

ALİ TUNALI

ÖZET

Bu bildiride, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün 1994 yılından itibaren yürüttüğü GPS çalışmaları ve bu çalışmalardan en kapsamlısı olan **Edirne GPS Kampanyası**'na ilişkin bilgiler verilmiş ve projeye üretilen noktaların değerlendirme, dengeleme ve dönüşüm sonuçlarından ve şimdiye kadarki çalışmalardan çıkarılan bazı özet bilgiler sunulmuştur.

1.GİRİŞ

Ülkemiz Harita-Tapu ve Kadastro sektörü içinde harita yapımcısı olarak önemli bir yer tutan Genel Müdürlüğümüz geodezik ve fotogrametrik yöntemleri birlikte kullanan bir kuruluştur. 3. derece yüzey ağı sıklaştırması, alım için sıklaştırma, kadastro ölçmeleri ve harita yapımı, arazi bilgi sistemi oluşturmaya yönelik çalışmalar, yerel ağların ülke ağına bağlanması ve iyileştirilmesi, sayısal veri derleme halen yürütülen önemli geodezik çalışmalardır. Anılan bu çalışmalarda GPS kullanımını araştırmak ve test etmek, gelecekte yapılacak GPS ölçü ve değerlendirmeleri için kurallar belirlemek, ihale edilen işlerin kontrolü, emanet yapılan işlerde personele eğitim ve danışmanlık desteği vermek gibi amaçlar doğrultusunda 1994 yılında 2 adet Trimble 4000 SSE, 2 adet Ashtech Z-XII satın almıştır. Aynı yıl test çalışmalarının yanı sıra 100 kadar sıklaştırma noktası üretilmiştir.

1997 yılı başına kadarki çalışmalarda TKGM'ce, Kadastro Müdürlüklerinin isteği doğrultusunda, yaklaşık 40 ölçü kampanyası düzenlenmiş ve bu çalışmalarla 1000 kadar 3. derece sıklaştırma noktası ve alım için sıklaştırma noktası iki (2) boyutta koordinatlandırılmıştır.

En büyük çalışmasını 1996 yılı yazında Edirne'de gerçekleştirmiştir. Edirne GPS Kampanyası adıyla Edirne,Uzunköprü ve Meriç bölgelerinde üç ayrı kampanya düzenlenerek 260 nokta iki (2) boyutta ülke yatay kontrol ağına bağlı olarak koordinatlandırılmıştır.

Son iki yılda, üretim çalışmalarının yanısıra GPS ile yapılan ihaleli işlerin kontrol hizmetleri yürütülürken , GPS'in sektörde kullanımına ilişkin bir yönetmelik taslağı da hazırlanmıştır. Yine, 1996 yılı içerisinde Ülke Temel GPS Ağı'nın yapımına ilişkin ve "Ulusal Temel GPS Ağı Projesi" adı altında bir proje hazırlanarak DPT'den proje numarası almış, bütçesi yapılmış ve bu yıl yapımına başlanacaktır. Bu proje ile ilgili çalışmalar yapılan protokol gereği HGK ile birlikte yürütülecektir.

2. GPS ÇALIŞMALARINI YÜRÜTEN PERSONEL VE DONANIM DURUMU

TKGM, Fotogrametri ve Geodezi Dairesi Başkanlığı bünyesinde bulunan Geodezi Şubesi'nce iki (2) Yüksek Mühendis ve iki (2) Mühendis tarafından çalışmalar yürütülmekte ve gerektiğinde Başkanlığımız Nirengi Şubesi mühendis ve teknisyenlerince de bu çalışmalar desteklenmektedir.

Çalışmalar, 2 adet Trimble 4000 SSE, 2 adet Ashtech Z-XII çift frekanslı alıcıları ile yürütülmektedir. 1996 yılı sonunda satın alınan 9 adet Leica SR9500, çift frekanslı GPS alıcıları ile birlikte alıcı sayısı 13'e yükselmiştir. Prism, Gpsurvey, Ski, Pnav, Snap, Trimnet ve doğrultu kenar ağlarının dengelemesi, kullanılan

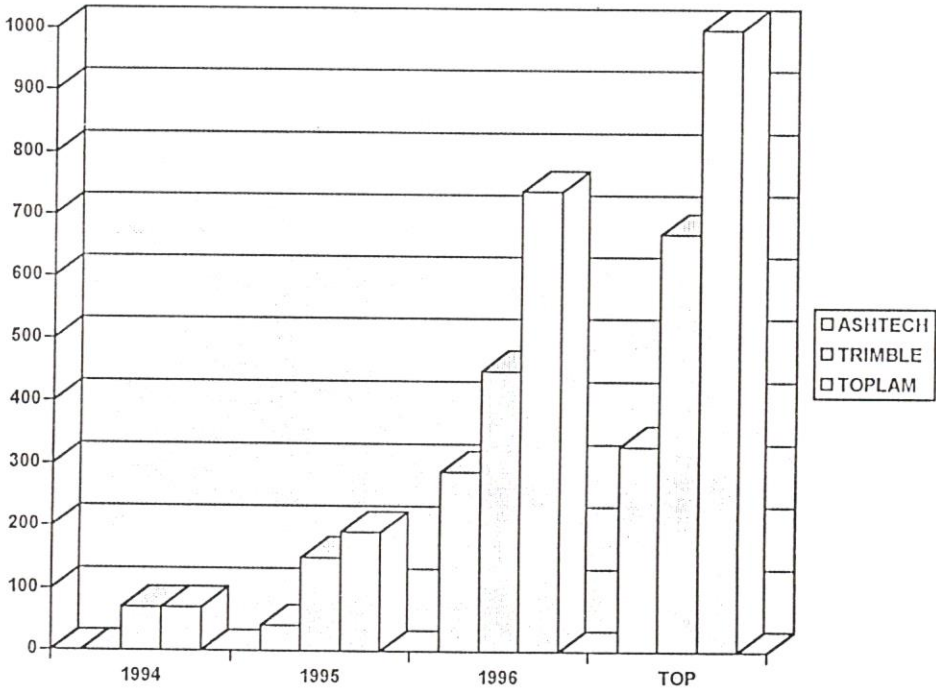
yazılımlardır. Toplanan veriler ve çözüm bilgileri IBM RISC 6000 sisteminde arşivlenmektedir.

3.ÜRETİME YÖNELİK ÇALIŞMALAR

3.1.Yürütülen Ölçü Kampanyaları

1994 yılından bu yana, Kadastro Müdürlüklerinin isteği doğrultusunda Kadastro çalışmalarına altlık oluşturacak yaklaşık 40 GPS Kampanyası düzenlenmiş ve bu çalışmalarla 1000 kadar nokta üretilmiştir.

Üretilen noktaların yıllara göre dağılımı aşağıda verilmiştir.



Tablo 1. Gps ile üretilen noktaların yıllara göre dağılımı.

1996 yılında üretilen noktaların bölgelere ve yıllara göre dağılımı aşağıda verilmiştir.

PROJE ADI	ÜRETİLEN NOKTA ADEDİ	DAYANAK NOKTALARININ SAYISI	UYUŞUMLU NOKTA SAYISI	DÖNÜŞÜMÜN ORTALAMA HATASI (cm)	AĞIN İÇ DUYARLIĞI (cm)
ALANYA	30	7	-	-	0.80
DİNDAR	13	4	4	2.00	0.80
EDİRNE	259	9	7	4.50	0.50
ÇAYCUMA	14	7	6	2.10	0.60
BARTIN	9	7	6	2.10	0.50
DÜZCE	12	4	4	1.10	0.50
ÇAN	26	3	3	2.30	0.60
VAKFIKEBİR	37	6	3	6.00	0.70
ÇAYKARA ,	39	7	5	5.00	0.80
MENGEN	15	7	4	1.60	0.60
GÖKÇEBEY	15	3	3	9.50	0.90
ZONGULDAK	12	4	3	1.90	0.50
ELAZIĞ	70	10	7	3.50	0.70
BAFRA	22	5	3	1.60	0.60
AYANCIK	13	5	3	10.70	1.00
BOLU	13	5	3	3.80	0.60
ERDEK	21	9	7	0.40	0.30
AYDIN	9	10	3	4.30	0.80
TOKAT (KONT)	57	4	3	5.80	0.80

Tablo 2. 1996 yılında gerçekleştirilen çalışmalar

3.2.Ülke Ağına Bağlanma Ve Getirdiği Sorunlar

GPS' in datumu WGS-84' deki baz vektörleri ve koordinatların Türkiye Ulusal Datumuna (TUD-54) dönüşüm için ağda, uygun dağılımda en az üç eşlenik noktadan yararlanılır.Çalışmalarda, uygun dağılımda ve uygun sayıda ülke, I ve II nci derece nirengi noktaları ile dengelenmiş III ncü derece noktalardan uyumlu olanların sayısında yukarıdaki **Tablo 2.**'de de görüldüğü gibi sorunlar yaşanmaktadır.

Bilindiği üzere, GPS gözlemlerinden TUD-54 koordinatlarının hesaplanmasında çözüm yöntemlerinden biri; gözlemler önce WGS-84 datumunda, en küçük kareler yöntemiyle üç boyutta dengelenir. Ardından noktaların TUD-54'deki koordinatları, üç boyutlu çalışmalarda üç boyutta, iki boyutlu çalışmalarda da iki boyutta benzerlik dönüşümü ile eşlenik noktaların duyarlılığında hesaplanır.

Yaklaşık üç yıldır yürütülen kampanyalar sonucunda, Ülke Yatay Kontrol Ağı'nın, büyük ölçekli çalışmalar için yeteri duyarlılıkta olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bazı projeler ya yüksek iç duyarlıklı sonuçlardan minimum sayıda bağlantı noktası kullanılarak dönüşümle cm.'ler düzeyinde ya da yerel koordinat sistemleriyle ancak sonuçlandırılabilmiştir.

Noktaların bazılarının tahrip olması ve hesaplama yöntemleri gereği bölgedeki en hakim tepelere tesis edilme zorunlulukları düşünülecek olursa yürütülen kampanyalarda en büyük sorunun, datum dönüşümü için gerekli olan dayanak noktalarının uygun sayı ve dağılımda olanlarının aranıp, bulunması olduğu söylenilebilir. Bulunan dayanak noktalarında bu kez hangilerinin uyumlu olacakları yaşanan diğer bir sorun olarak gündeme gelmektedir. Uyumlu nokt. sayısı istenilen sayının altındaysa yeni dayanak noktaları ağa eklenmelidir. Sözgelimi bir GPS projesinde, ağda homojen dağılımlı olduğu düşünülerek bulunan 7 dayanak noktası ağa dahil edilip ölçüler sonucunda tüm dayanak noktalarının uyumsuzluğuyla karşılaşılabilir. Böyle bir durumda ağa yeni dayanak noktaları eklenmeli ya da taşınmalıdır. Halen GPS ile yürütülen kampanyalarda bu sorun iş ve zaman kaybına neden olmakta ve en önemlisi de çalışmalarda nokta uyumluluk testleriyle komşuluk ilişkileri gözardı edilerek, duyarlıktan ödün verilerek projeler sonuçlandırılmaktadır.

Bir başka önemli sorunda halen duyarlı Ülke Mutlak Jeodinin tanımlanmamış olmasından kaynaklanan üçüncü boyutta yaşanan

sorunlardır.Tanımlı Türkiye Jeoidi 1991 (TG-91)'in iç duyarlılığı büyük ölçekli harita yapımı çalışmaları için yetersizdir. Halen, GPS ile ölçülen noktaların yükseklik bilgileri kullanılacaksa, bazı noktalarda nivelman ölçüleri de yapılmalıdır.

Bu ve burada sayılmayan daha başka gerekçelerle, TKGM'ce 1996 yılı içerisinde Ulusal Temel GPS Ağı'nın yapımına ilişkin bir proje hazırlanarak DPT'den proje numarası almış ve bütçesi çıkarılmıştır. Bu proje ile ilgili çalışmalar yapılan protokol gereği kapsamı genişletilerek belirlenecek teknik esaslar çerçevesinde HGK ile birlikte yürütülecektir. Projenin iki yıl içerisinde tamamlanması planlanmaktadır. Proje tamamlandığında Türkiye'nin her bölgesinde, kadastrodan beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerine cevap verebilen, geçerli ve uygun bir referans sisteminde 3-boyutlu bir ulusal jeodezik temel ağ olacaktır.

4.EDİRNE GPS PROJESİ

4.1.Projenin Yapım Gerekçesi

Kadaastro bitirme projesi kapsamında Edirne bölgesinde kadastrosu yapılmayan birimlerdeki tesis kadastrosu çalışmalarının hızlandırılarak 1996 yılı çalışma sezonunda bitirilebilmesi amacıyla TKGM'ce oluşturulan bir heyet bölgede incelemeler yapmıştır. Bu incelemeler sonucunda; Edirne Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Edirne ve Uzunköprü Kadaastro Müdürlüklerinin personel ve donanım gereksinimleri belirlenirken diğer yandan da kadaastro çalışmalarının 1996 yılı çalışma sezonunda tamamlanabilmesi için bu çalışmalara altlık olacak sıklaştırma noktalarının da ancak GPS ile istenilen sürede tamamlanabilmesinin olası olduğu raporda belirtilmiştir.

Gerekli personel ve donanım desteği sağlanıp, 1996 yılı çalışma sezonunda, Edirne Kadaastro Müdürlüğü çalışma alanında, Lalapaşa ilçesine bağlı, Ömeroba, Hacılar, Kalkansöğüt, Doğanköy, Saksağan,

Çalldere, Hüseyinpınar, Tuğlalık, Doğanbey, Uzunbayır, Süleymandanişment, Hamzabeyli, Küçüköğünlü köyleri ile Uzunköprü Kadastro Müdürlüğü çalışma alanında Elmalı, Karapürçek, Yağmurca, Cavuşlu, Çobanpınarı, Süleymaniye ve Meriç ilçesine bağlı Alibey, Hasırcı, Karahamza, Karayusuflu, Rahmanca köyleri olmak üzere toplam 24 köyün kadastro çalışmalarının hızlandırılarak tamamlanması planlanmıştır.

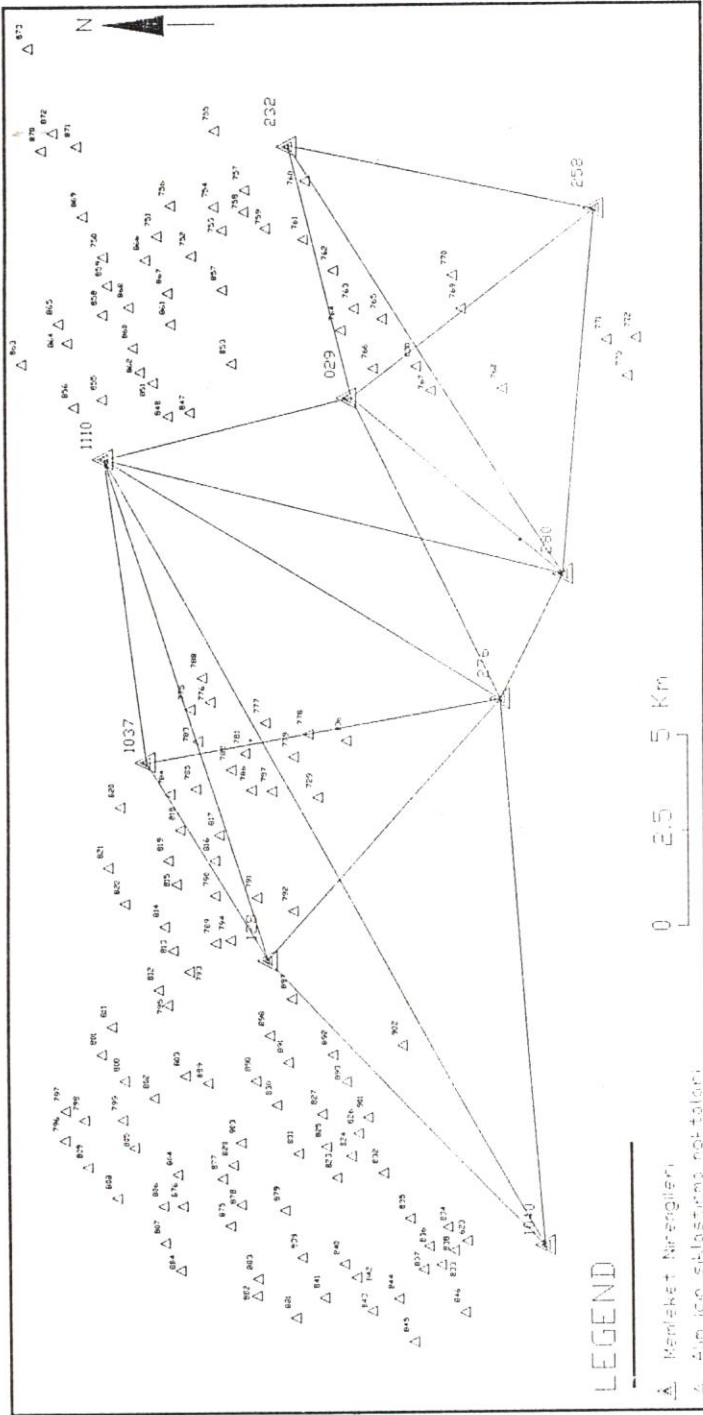
Bu çerçevede, anılan 24 köyde kadastro çalışmalarına altlık olacak nirengilerin tesislerinin ilgili kadastro müdürlüklerince, ölçü ve hesaplamaların da TKGM'ce GPS ile yapımı planlanmıştır.

4.2. Proje Planlaması

Proje için, iki yüksek mühendis, bir mühendis ve iki teknisyen görevlendirilmiştir. Gereken hazırlıkların tamamlanmasının ardından 1996 yılı temmuz ayı içerisinde ekip görev yerine ulaşmış ve öncelikle bölge gezilerek ölçü öncesi planlama için gerekli bilgiler toplanmıştır.

Toplanan bilgiler ışığında hızlandırılmış kadastro çalışmalarının Edirne ili Lalapaşa, Uzunköprü ve Meriç'e bağlı bölgelerde yoğunluk kazandığı görülmüştür. Her üç bölgenin birbirlerine uzak oluşu nedeniyle, üç ayrı ölçü kampanyası düşünülmek üzere gözlem planı hazırlanmıştır.

Edirne GPS Kampanyası, Lalapaşa, Uzunköprü ve Meriç çalışma bölgelerinde planlanan ve üç ayrı aşadan oluşan projeler bütünüdür. Aşağıda sunulan ayrıntılar yalnızca Edirne (Lalapaşa) GPS Kampanyasını ve çözümünü içermektedir.



ŞEKİL 1. Edirne Lalçapaşa GPS Nirengi Ağı Kanavaşı

4.2.1.Ağın Geometrisinin Oluşturulması

Öncelikle uygun dağılımlı, 1037, 1040, 1110 nokta numaralı üç (3) adet I nci derece, 29, 128, 232, 258, 276, 280 nokta numaralı altı (6) adet III ncü derece nirengi noktası olmak üzere toplam dokuz (9) adet dayanak noktasının zeminde araştırması yapılarak yerleri belirlenmiştir. Ağ, zeminde bulunan ve tüm iş bölgesini çevreleyen dokuz (9) dayanak noktasından oluşan Ana Nirengi Ağı ile bu ağın içerisinde hesaplanması planlanan ve 166 adet alım için sıklaştırma noktasından oluşacak biçimde tasarlanmıştır.

4.2.2.Ölçü Öncesi Gözlem Planlaması

Ölçü iç duyarlıklarının yüksek ve istenilen ölçütlerde olması ölçü öncesi iyi planlama ile olasıdır. Bu nedenle planlanan ölçü günlerine ait uydu efemeris bilgileri irdelenerek, PDOP $\leq$ 4 olduğu aralıklarda ölçü yapılmasına özen gösterilmiştir.

Ölçüler için, ana nirengi ağındaki dayanak noktalarında statik ölçüler, alım için sıklaştırma noktalarında da hızlı statik ölçülerin yapılması planlanmıştır.

Ölçü aralıkları ve süreleri için, statik ölçülerde veri kayıt aralığı 15 saniye ve ölçü süreleri 50-60 dakika, hızlı statik ölçüler içinse veri kayıt aralığı 10 saniye ve ölçü süreleri de 7-20 dakika olarak planlanmıştır.

4.2.3.Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmalarında, 2 adet Trimble 4000 SSE ve 2 adet Ashtech Z-XII çift frekanslı, tam dalga taşıyıcı faz ölçme yeteneğine sahip GPS alıcıları kullanılmıştır.

Oluşturulan gözlem planına göre tüm noktalarda,ölçü öncesi planlamayla belirlenen ölçü sürelerinde GPS gözlemleri yapılmıştır. Bu gözlemlerle 16'sı statik toplam 197 baz vektörü çözülmüştür.

Farklı alıcılarda toplanan dataların aynı yazılımda değerlendirilmesi nedeniyle tüm ölçülerin yapılmasının ardından yaklaşık 10 noktadaki gözlemlerin yenilenmesi gerekmiştir.

4.3.Baz Vektörlerinin Çözümü

GPS alıcılarıyla toplanan datalar, bellek kaybını önlemek amacıyla binary formatında dosyalanır ve her ticari GPS yazılımı, kendi alıcılarının datalarını doğrudan, farklı alıcılarda toplanan dataları da RINEX formatında değerlendirme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla farklı alıcılar aynı projelerde ortak olarak kullanılmak, değerlendirilmek istenirse ve hangi alıcı yazılımının kullanılması düşünülüyorsa, öncelikle diğer alıcılarda toplanan dataların RINEX formatına dönüşümü zorunludur.

Edirne Projesinde, 2 Trimble 4000 SSE ve 2 Ashtech Z-XII alıcı kombinasyonu kullanılmıştır. Değerlendirme ve dengelemenin Ashtech yazılımı olan Prism'de yapılması planlandığından, Trimble 4000 SSE alıcılarıyla toplanan datalar Dat2Rin yazılımı ile RINEX formatına dönüştürülmüştür.

Ancak uygulamada, dataların RINEX formatına dönüştürülmesinin yeterli olmadığı görülmüştür. Anten faz merkezlerinin iyi bilinmesi, çözüm için gerekli yükseklik bilgileri ile toplanan sinyallerin RINEX dosyalarından iyi analiz edilmeleri olası hatalardan arınmak için gerekmektedir.

Proje süresi boyunca 28 nolu uydudan gelen sinyallerin sağlıklı olduğu gözlemler sırasında belirlenmiştir. Trimble alıcılarıyla toplanan dataların RINEX'e dönüştürülmesinin ardından dosya

yapısında bazı format farklılıklarının olduğu görülmüştür. Bu yapıdaki Rinex dosyalarıyla Prism ve Pnav yazılımlarında istenilen duyarlıkta çözüm alınamamıştır (Tablo 3). Bu gibi durumlarda istenilen duyarlıkta çözümler ancak Rinex dosyalarında bazı düzeltmelerin yapılmasıyla elde edilmiştir.

OBSERVATION DATA						RINEX VERSION / TYPE	
2						24JUN96	0:17:57 GMT
DAT2RIN 1.01	Y					PGM / RUN BY / DATE	
T	T					OBSERVER / AGENCY	
4726	TRIMBLE 4000SSE				Nav 5.70 Sig 1.26	REC # / TYPE / VERS	
0	COMPACT L1/L2 GND					ANT # / TYPE	
0001						MARKER NAME	
0001						MARKER NUMBER	
4235825.5757	2150486.7509	4242390.2717				APPROX POSITION XYZ	
1.2324	0.0000	0.0000				ANTENNA: DELTA H/E/N	
Note: The above offsets are CORRECTED.						COMMENT	
Raw Offsets: H= 1.3090 E= 0.0000 N= 0.0000						COMMENT	
Note: The above height is to the antenna base.						COMMENT	
1	1	0				WAVELENGTH FACT L1/2	
5	L1	C1	P1	L2	P2	# / TYPES OF OBSERV	
10						INTERVAL	
1996	6	22	11	18	40.000000	TIME OF FIRST OBS	
1996	6	22	11	38	30.000000	TIME OF LAST OBS	
8						# OF SATELLITES	
3	119	120	0	115	115	PRN / # OF OBS	
6	120	120	0	115	115	PRN / # OF OBS	
17	120	120	0	116	116	PRN / # OF OBS	
21	120	120	0	115	115	PRN / # OF OBS	
22	120	120	0	116	116	PRN / # OF OBS	
23	120	120	0	117	117	PRN / # OF OBS	
26	101	101	0	94	94	PRN / # OF OBS	
28	119	0	120	120	120	PRN / # OF OBS	
END OF HEADER							
96	6	22	11	19	40.0000000	0	7
-168753.40000	22947795.31300					-25392.06340	22947795.37140
166929.92300	23136949.26600					32995.60940	23136951.07040
83189.84200	20621279.34400					27987.16640	20621279.75440
-212807.84700	23210447.82000					-39516.85040	23210450.03540
6217.81500	21128233.94500					2054.17740	21128234.19140
-105241.33700	21367427.61700					-37958.64040	21367428.44940
-99987.35700					20952394.07000	-87376.64300	20952393.59400
96	6	22	11	19	50.0000000	0	7
-198310.09500	22942170.75000					-48423.22540	22942171.23040
193490.46000	23142003.27300					53692.11640	23142005.07840
95722.15000	20623664.25000					37752.61440	20623664.69540
-246529.97200	23204030.77300					-65793.81140	23204032.28540
7348.20800	21128448.64800					2935.01440	21128449.05940
-120768.65600	21364472.69500					-50057.82840	21364473.50440
-117422.65700					20949076.10200	-100962.57700	20949075.66000

Tablo 3. Rinex Gözlem Dosya Yapısı

Proje sonunda, farklı alıcıların zorunluluk olmadıkça aynı projede kullanımının sakıncalarının olduğu sonucuna varılmıştır. Farklı alıcılarla toplanan dataların aynı ortamda değerlendirilmesi gereği oldukça yoğun emek ve iş kaybına neden olmaktadır.

Arazi ve büro çalışmaları sonucunda, projeyi yürüten ekipce, büyük kampanyalarda, aynı tip ve aynı firmalara ait alıcıların birlikte kullanımı önerilmektedir.

Aşağıda çözülen baz vektörlerinin serbest dengeleme sonrası duyarlık ölçütleri en iyi ve en kötü olan on tanesi görülmektedir. Baz vektörleri 7-60 dakika sürelerinde, en küçüğü 450.202 m., en büyüğü 14379.611 m. dir. Kenarların bağıl hata oranları ortalama 1:6.000.000 civarındadır.

NAME	NAME	DISTANCE	V(R)	V(N)	V(E)	V(U)	TAU	RPPM
0785	0786	1466.575	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0785	0776	2319.221	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0785	0788	2915.658	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0785	0783	1267.570	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0787	0781	1230.118	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0730	0036	1679.724	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0785	0775	2099.922	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0777	0729	2403.345	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0779	0778	705.642	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
0752	0754	1397.193	0.000	0.000	0.000	0.000		0.00
=====								
0280	0029	7351.562	0.037	0.004	-0.007	-0.036	*	5.02
0280	1110	12519.333	0.034	-0.001	0.006	0.033	*	2.68
0128	1037	6111.961	0.026	-0.004	0.006	0.025	*	4.26
1110	1037	8004.578	0.019	0.004	0.001	-0.019		2.43
0276	1110	12216.692	0.017	-0.004	-0.007	0.015		1.39
0258	0029	8182.786	0.011	0.000	-0.001	-0.011		1.35
1110	0862	2469.225	0.010	-0.002	-0.005	0.008	*	3.91
0128	0814	2856.468	0.010	-0.003	0.001	-0.010		3.67
0029	0232	6741.042	0.009	0.000	0.000	0.009		1.34
0280	0232	13347.373	0.009	0.000	0.000	-0.009		0.67

Tablo 4. Serbest Dengeleme sonucu, Duyarlık ölçütleri en iyi ve en kötü on vektör

4.4. GPS Gözlemlerinin WGS-84 Datumunda Dengelenmesi

Yinelemeli GPS gözlemleriyle elde edilen baz vektörlerinin dengelemesi, dolaysız gözlemler olarak düşünüldüğünde, "duyarlılıkları ve korelasyonları farklı bilinmeyen vektörlerin dengelemesi" yöntemiyle hesaplanmaktadır.

Dengelemeye ilişkin fonksiyon; $L_i = F(X_i)$, matematik model; $V_i = X - L_i, P_i$ biçimindedir.

Bu modelle Edirne GPS ağı, Prism yazılımı kullanılarak, WGS-84 datumunda serbest olarak dengelenmiştir. Dengeleme sonrası GPS vektörlerinin ve bağlı noktaların konum duyarlılıkları irdelenerek kaba ölçüler ayıklanmış ve ağ optimize edilmiştir.

Kaba ölçüler ayıklandıktan sonra serbest olarak yeniden dengelenen ağ ile noktaların kartezyen dik koordinatları $(X, Y, Z)_{WGS-84}$ ya da elipsoidal eğri koordinatları $(\varphi, \lambda, h)_{WGS-84}$ elde edilmiştir.

Serbest dengeleme sonucunda nokta konum duyarlılıkları 0.004-0.034 m. arasında değişmektedir.

Aşağıda serbest dengeleme sonucunda konum duyarlılıkları en iyi ve en kötü olan noktalar verilmiştir.

NAME	LATITUDE	$\sigma(N)$	LONGITUDE	$\sigma(E)$	Mp
=====	=====	=====	=====	=====	=====
859	41 56 08.48383	0.003	26 55 18.81015	0.002	0.004
757	41 54 10.99448	0.003	26 57 05.43690	0.002	0.004
758	41 54 12.02842	0.003	26 56 40.74268	0.003	0.004
753	41 54 30.84796	0.003	26 56 20.35091	0.002	0.004
754	41 54 37.52093	0.003	26 56 46.33203	0.002	0.004
872	41 56 54.34536	0.003	26 58 11.40091	0.002	0.004
759	41 53 53.49046	0.003	26 56 22.25628	0.002	0.004
771	41 49 00.39126	0.003	26 54 14.65329	0.002	0.004
873	41 57 14.66310	0.003	26 59 47.02785	0.002	0.004
848	41 55 16.47905	0.003	26 52 50.09758	0.003	0.004

NAME	LATITUDE	$\sigma(N)$	LONGITUDE	$\sigma(E)$	Mp
784	41 55 15.95088	0.013	26 45 41.35230	0.009	0.016
779	41 53 30.21921	0.013	26 46 23.73169	0.009	0.016
778	41 53 17.56229	0.013	26 46 49.18002	0.009	0.016
818	41 55 07.32869	0.013	26 45 00.54012	0.011	0.017
770	41 51 12.76331	0.014	26 55 28.24693	0.012	0.018
805	41 55 47.15920	0.019	26 39 01.61419	0.010	0.021
729	41 53 09.76623	0.024	26 45 36.88429	0.012	0.027
777	41 53 54.50065	0.024	26 47 02.22229	0.012	0.027
820	41 55 59.19302	0.027	26 45 26.56651	0.021	0.034
817	41 54 33.98675	0.027	26 44 54.43719	0.021	0.034

Tablo 5. Duyarlılıkları en iyi ve en kötü on nokta özeti

4.5.Datum Dönüşümü ve Eşlenik Noktalarının Analizi

Noktaların WGS-84 datumunda kesin koordinatlarının hesaplanmasının ardından ED-50 datumundaki kartezyen dik koordinatları $(X,Y,Z)_{ED-50}$ ya da elipsoidal eğri koordinatları $(\varphi,\lambda,h)_{ED-50}$ ile 6° dilim genişlikli UTM projeksiyon koordinatları (y,x,H) hesaplanır. Tüm GPS yazılımlarının dönüşüm modülleriyle bu geçiş, kısa sürelerde sağlanır.

Ancak bu çözüm, noktaların hem TUD-54'de tanımlı olmaması hem de H ortometrik yüksekliği hesaplanmasında kullanılan tanımlı global jeoidin Türkiye Jeoidini tanımlamıyor olması yaklaşımla elde edilen 3 boyutlu koordinatlar yeterli duyarlılıkta değildir. Bu gerekçeyle projeyi oluşturan noktaların WGS-84 datumundaki koordinatlarının TUD-54'e dönüştürülmesi ve eğer üçüncü boyut kullanılacaksa yerel jeoid modellendirmesinin yapılması gerekmektedir.

Yerel jeoid modellendirmesi için bölgede uygun dağılımlı nivelmanlı noktalarda GPS ölçüleri yapılmalı ya da GPS ölçüleri yapılan ve bölgenin topoğrafyasını belirleyebilecek noktalara nivelmanla ortometrik yükseklik taşınmalıdır.

Böylece eşlenik noktalarda elipsoid ve ortometrik yükseklikler yardımıyla jeoid dalgalanmaları ($h_i - H_i = N_i$) ile uygun yüzey enterpolasyonu yöntemlerinden biri kullanılarak ağıdaki diğer noktaların ortometrik yükseklikleri yerel jeoidden yararlarla kolaylıkla hesaplanabilir.

Aşağıda yüzey enterpolasyonu için bi-quadratic yüzeyin matematik modeli verilmiştir.

$$N(x, y) = \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 a_{ij} x^i y^j \quad (1)$$

Bağıntıda, N noktanın jeoid yüksekliğini, x ve y noktaların Gauss-Krüger koordinatlarını, a'da spline katsayılarını göstermektedir.

TUD-54 datumuna geçiş içinse en az üç eşlenik noktada, iki boyutta 4 parametrelili bir benzerlik dönüşümü yeterlidir. Bağıntısı aşağıda verilmiştir.

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{vmatrix} + k \begin{vmatrix} \cos a & \sin a \\ -\sin a & \cos a \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X \\ Y \end{vmatrix} \quad (2)$$

TUD-54 ED-50

Bağıntıda a; dönüklük, k; ölçek etkeni ve X_0, Y_0 'da koordinat sistemleri arasındaki ötelemeleri verir. Dönüşüm sonucunda birim ölçünün ortalama hatası (M_0) ve ortalama konum doğruluğu (M_p),

$$M_0 = \sqrt{V^T V / (n - u)} \quad (3)$$

$$M_p = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (4)$$

bağıntılarından hesaplanır.

Eşlenik noktaların, dönüşüm sonucunda elde edilecek ortalama konum duyarlılığının M_p , BÖHYY' ne göre ± 5 cm. den ve k ölçek etkeninin 20 ppm.den büyük olmayacak şekilde uyumlu olup olmadıkları test edilmelidir. Ağda, uyum testi sonucunda, yeteri sayıda ve dağılımdaki uyumlu noktalarla 10×10 km.lik bir alanda tüm noktalar bu dönüşümle iki boyutta koordinatlandırılabilir. Ortometrik yüksekliklerde (1) bağıntısından yararlar hesaplanabilir.

Eğer proje alanı 10×10 km. lik bir alandan daha büyükse yeni noktalar dönüşüm yerine ikinci kez ağ dengelemesiyle yoluyla, uyumlu noktalara dayandırılarak hesaplanmalıdır.

Bir diğer yaklaşımda, proje alanında ülke yatay ve düşey kontrol ağında duyarlı koordinatları bilinen uyumlu ve uygun dağılımda en az üç eşlenik noktanın olması durumudur. Böyle bir durumda yeni noktaların koordinatları 7 parametrelili benzerlik dönüşümüyle aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir.

$$\begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{vmatrix} + (1+k) \begin{vmatrix} 1 & -E_z & E_y \\ E_z & 1 & -E_x \\ -E_y & E_x & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix} \quad (5)$$

TUD-54

WGS-84

Bağıntıda, E_x, E_y, E_z ; dönüklükleri, X_0, Y_0, Z_0 ; ötelemeleri ve k 'da ölçek etkenini tanımlar.

Edirne GPS projesinde üçüncü boyuta gereksinim duyulmadığından, noktaların koordinatları, 9 eşlenik noktanın (2) bağıntısı yardımıyla uyumlu olup olmadıkları irdelendikten sonra uyumlu 7 eşlenik noktaya bağlı olarak 2 boyutta hesaplandı. Dönüşüm sonucunda ortalama koordinat duyarlılığı 4.6 cm. olarak hesaplandı. Yeni noktaların koordinatları da hem dönüşümle hem de ağın 7 eşlenik noktaya dayandırılarak ikinci kez dengelenmesi yoluyla iki kez

hesaplandı. Her iki yöntemle elde edilen koordinat farklarının 0.01-0.06 m. arasında olduğu görüldü. Aşağıda, eşlenik noktalarda yapılan iki boyutlu benzerlik dönüşümü uyuşum sonuçlarıyla verilmiştir.

N.NO	x (m)	y (m)	X (m)	Y (m)
232	495966.479	4642243.138	495953.621	4642240.546
1110	487854.247	4647121.100	487841.407	4647118.408
1037	479922.698	4646047.826	479909.794	4646045.119
128	474715.063	4642852.167	474702.171	4642849.400
1040	467188.822	4635575.880	467176.010	4635572.990
258	494297.296	4634128.669	494284.534	4634126.031
280	484760.106	4634994.282	484747.340	4634991.500

DONUSUM PARAMETRELERİ VE DONUSUM BAGINTISI

B1= 1.00000237365 B2= 0.0000087227 , X=B1x - B2y + B3
B3= 26.496 B4= -17.956 , Y=B2x + B1y + B4

OLCEK VE DONUKLUK ETKENLERİ

K = SQR(B1*B1+B2*B2) = 1.000002373689
A = ARCTAN(B2/B1) = 0.0006

DONUSTURULMUS KOORDINATLAR, DUZELTMELERİ VE NOKTA UYUSUM TESTİ

N.NO	X (m)	Y (m)	VX (m)	VY (m)	Ti	C	TEST
232	495953.659	4642240.527	0.038	-0.019	1.144	1.883	UYSMLU
1110	487841.365	4647118.430	-0.042	0.022	1.158	1.883	UYSMLU
1037	479909.807	4646045.084	0.013	-0.035	0.911	1.883	UYSMLU
128	474702.187	4642849.372	0.016	-0.028	0.818	1.883	UYSMLU
1040	467175.992	4635573.002	-0.018	0.012	0.661	1.883	UYSMLU
258	494284.543	4634126.024	0.009	-0.007	0.305	1.883	UYSMLU
280	484747.323	4634991.556	-0.017	0.056	1.408	1.883	UYSMLU

BİRİM OLCUNUN ORTALAMA KONUM HATASI (MP) = 0.046 m.

T < F = 4.44 < 4.67 OLDUGUNDAN OLCEK UYUSUMLUDUR.
(1,10,0.05)

Tablo 6. Eşlenik Noktaların İki Boyutta Benzerlik Dönüşümü Sonuçları

NAME	LATITUDE	$\sigma(N)$	LONGITUDE	$\sigma(E)$	Mp
=====					
823	41 54 12.54654	0.010	26 37 35.81344	0.010	0.014
763	41 53 55.38374	0.010	26 54 01.32332	0.010	0.014
757	41 55 29.12793	0.010	26 56 15.32722	0.010	0.014
759	41 55 11.61934	0.010	26 55 32.13838	0.010	0.014
903	41 55 34.26282	0.010	26 38 16.38919	0.010	0.014
830	41 55 03.20642	0.010	26 39 00.07832	0.010	0.014
771	41 50 18.51854	0.010	26 53 24.56710	0.010	0.014
828	41 55 40.90506	0.010	26 37 50.82279	0.010	0.014
824	41 54 00.05410	0.010	26 38 00.86083	0.010	0.014
827	41 54 24.65271	0.010	26 38 49.32451	0.010	0.014
=====					
805	41 57 05.14926	0.030	26 38 11.17931	0.030	0.042
864	41 58 00.54308	0.030	26 53 23.59077	0.030	0.042
761	41 54 39.18774	0.030	26 55 19.34255	0.030	0.042
770	41 52 30.89262	0.030	26 54 38.15221	0.030	0.042
863	41 58 38.99437	0.030	26 52 59.80411	0.030	0.042
756	41 56 32.35288	0.040	26 55 58.19437	0.020	0.045
777	41 55 12.55898	0.050	26 46 11.94703	0.040	0.064
729	41 54 27.81582	0.050	26 44 46.59560	0.040	0.064
820	41 57 17.23193	0.060	26 44 36.23678	0.040	0.072
817	41 55 52.02650	0.060	26 44 04.11722	0.040	0.072

Tablo 7. Dayalı Dengeleme sonucunda, Nokta konum duyarlılıkları en iyi ve en kötü on noktanın özeti

5. SONUÇ

- Yapılan bu çalışmalar, son yıllarda karşılaşılan sorunlar, teknolojik değişim sonucu kullanıcı istek ve beklentilerinde gözlenen değişimler,
- Kadastrodan beklenen duyarlık ve güvenilirlik isteklerinin karşılanabilmesi, çağdaş kalite ölçütlerinde, sayısal formda, yatırım ve mühendislik hizmetlerinin görülmesi, bilgi sistemlerinin oluşturulmasında temel bir altlığa dönüştürülebilecek yapıda, çok amaçlı olarak kadastronun yenilenebilmesi ve Harita-Kadastro Bilgi Sisteminin oluşturulabilmesi,

- Ülkenin geniş bir kesimini ilgilendiren ve kadastronun geometrik ve sözel bilgilerine gereksinim duyan konum bazlı bilgi sistemlerinin oluşturulabilmesi ve işlerlik kazanabilmesi,
- Modern navigasyon tekniklerinin uygulanabilmesi, gerçek zaman uygulamaları,
- Duyarlık kayıpları, parça projelerin kenarlaştırılamaması, noktalara ulaşım güçlüğü ve caydırıcılığı, oluşan tahribat ve bütün bu yetmezliklerden kaynaklanan sorunların çözümü,

için, uydu jeodezisinin getirdiği olanaklardan yararlanılarak en kısa zamanda, duyarlı jeodezik ve sayısal kadastro ölçmelerinin dayandırılacağı, geçerli ve uygun referans sistemlerinde yeni bir ulusal temel jeodezik ağı oluşturulmasının bir zorunluluk haline geldiğini düşündürmektedir.

İş süreçleri, teknik yönetmeliklerde yapılacak değişikliklerin sağladığı hız, ekonomi, duyarlık ve diğer üstünlükleri ile bundan böyle jeodezik konum belirleme, veri derleme ve detay ölçmelerinde digital fotogrametri ile birlikte en etkili yöntem olacağı anlaşılan bu teknolojiye dayandırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Erdoğan V., Kuyrukçu E., Yaşayan R.Y., Gökten E., Karan Z.S., TKGM'de GPS Uygulamaları, 5. Harita Kurultayı, Ankara, 1995
- Öztürk E., Konak H., Yaşayan R.Y., Ankara GPS Test Ağında Yersel Gözlemlerle GPS Ölçülerinin Birlikte Dengelenmesi, HKMO Dergisi, 1994 sayı:76
- Uzel T., Eren K., GPS Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul, 1995