

WGS84'DEN ED50 KOORDİNAT SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMDE YÜKSEKLİK SORUNU İÇİN YENİ BİR YAKLAŞIM

Ş. Hakan KUTÖĞLU*
TevfikAYAN"

Özet

Yüksek presizyon ve uygulama kolaylığı sağlaması nedeniyle, haritacılık sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanılan GPS tekniğiyle elde edilen nokta koordinatları WGS84 sistemindedir. Bu koordinatların, ülke sisteminin dayalı olduğu ED50 koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekir. Ancak, ülke sisteminden kaynaklanan yükseklik sorunu, dönüşüm hesabında birtakım varsayımlar yapmayı zorunlu kılar. Bu çalışmada sözkonusu sorunu aşmak için farklı bir yaklaşım ele alınacaktır.

1. Giriş

Günümüzde, teknolojinin getirdiği yenilikler sayesinde, Jeodezi ve Fotogrametri'nin her alanında hızlı bir değişim yaşanmaktadır. Bu yeniliklerden biri de Global Konumlama Sistemi (GPS)'dir.

GPS, ölçme ve değerlendirme aşamasında büyük kolaylıklar sağlaması nedeniyle, mesleğimizde geniş uygulama alanı bulmuş, sağladığı konum doğruluğu sayesinde de, özellikle nirengi ağlarının kurulmasında klasik ölçme tekniklerine tercih edilir duruma gelmiştir.

Klasik ölçme teknikleriyle oluşturulmuş ülke nirengi ağları ve bugüne kadar yürütülen, halen de yürütülmekte olan hemen hemen tüm haritacılık hizmetleri, European Datum 1950 (ED50)'ye dayandırılmaktadır. Oysa, GPS ile elde edilen nokta koordinatları World Geodetic System 1984 (WGS84)'e dayalıdır. Bugünkü şartlar altında, mevcut ülke nirengi ağlarının'dan ve haritalardan, kadastro çalışmalarından ve benzeri haritacılık hizmetlerinden gerekli altyapıyı oluşturmadan vazgeçmek mümkün değildir. O halde, GPS ile elde edilen nokta koordinatlarının, ya doğrudan ya da klasik ölçmelerle belirlenen diğer noktalarla birlikte haritacılık hizmetlerinde kullanılabilmesi için Ülke Nirengi Ağları'nın dayalı olduğu datuma dönüştürülmesi zorunlu olmaktadır.

Bu çalışmada GPS teknolojisi ile elde edilen WGS84 koordinatlarının, Ülke koordinat sistemine dönüştürülmesinde karşılaşılan problemler incelenecek, değişik yaklaşımlar karşılaştırılacaktır.

2. Uygulamadaki Sorun

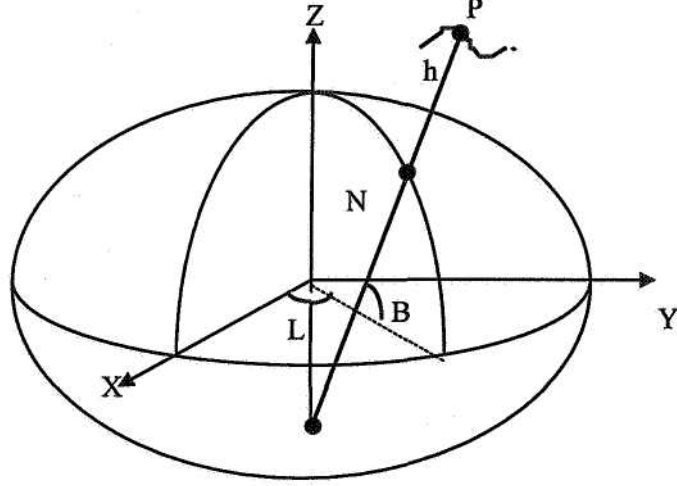
Sözkonusu iki datum arasındaki dönüşüm için belirleyici olan en önemli faktör; her iki datumun dayandıkları elipsoidlerin parametreleri ve bu elipsoidlerin yeryüzüne göre konumlandırılmasıdır. Yapılacak dönüşüm ile iki koordinat sistemi arasındaki

* Arş. Gör. (ZKÜ)

** Prof. Dr. (İTÜ)

geometriyi açığa çıkaracak datum parametreleri belirlenmelidir. Bu bağlamda, en uygun çözüm Üç Boyutlu Benzerlik Dönüşümü'dür.

Jeodezide, dönüşüme temel olacak kontrol noktalarının üç boyutlu koordinatları, elipsoidal coğrafi koordinatlar (B, L, h) veya kartezyen dik koordinatlar (X, Y, Z) şeklinde verilebilir. Bunlar arasındaki geometrik ilişki Şekil 1 'de görülmektedir.



Şekil 1: Elipsoidal ve kartezyen koordinatlar arasındaki ilişki

Elipsoidal koordinatlar verildiğinde, kartezyen koordinatlara geçiş;

$$\begin{aligned} X &= (N + h)\cos B\cos L \\ Y &= (N + h)\cos B\sin L \\ Z &= [N(1-e^2) + h]\sin B \end{aligned} \quad (1)$$

eşitlikleriyle sağlanır. Burada N meridyene dik doğrultudaki normal eğrilik yarıçapıdır ve;

$$N = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B}} \quad (2)$$

verilir. Kartezyen koordinatlardan elipsoidal koordinatlara

geçiş ise;

$$L = \arctan(Y/X) \quad (3)$$

$$B = \arctan \frac{f \cdot Z(N + h)}{WX^2 + Y^2(N + h - e^2 A_0 J)} \quad (4)$$

$$h = \frac{N}{\cos B} \quad (5)$$

eşitlikleriyle gerçekleştirilir. Görüldüğü üzere, (4)'de B ve h, (5)'de B yer almaktadır. Bunların her ikisi de aranan parametreler olduğundan çözüm iteratif olarak gerçekleştirilir.

İterasyonun ilk adımında h=0 ve B=0 için (4) eşitliğinden B için yaklaşık değer bulunur. Bulunan değerle (5) eşitliğinden h₁ bulunur. İkinci adımda h=h₁ için B₂ bulunur. İterasyon, B ve h için kabul edilebilir değişimler elde edilinceye kadar sürdürülür. Bu değişimler için (B_j-B_{j-1}) < ε (ε=10⁻¹⁰) sınır değeri tavsiye edilmektedir (Vanicek, 1982).

Üç boyutlu dönüşüm esasları kartezyen koordinatlara göre kurulduğundan, parametrelerin hesabında kullanılacak nokta koordinatlarının da bu şekilde tanımlanması zorunluluğu vardır.

GPS tekniğiyle nokta koordinatları doğrudan doğruya kartezyen koordinatlar biçiminde eş zamanlı olarak elde edilmektedir. Buna karşın, klasik ölçme tekniklerinin birtakım sınırlamaları nedeniyle ülke temel ağları, diğer ülkelerde olduğu gibi farklı referans yüzeylerine dayanan yatay ve düşey kontrol ağları olarak ayrı ayrı oluşturulmaktadır. Yatay kontrol ağlarının görüş mesafesi fazla olan yüksek noktalarda, düşey kontrol ağlarının ise ulaşımı kolay (karayolu ve demiryolu kenarları gibi) yerlerde kurulması nedeniyle, çoğu durumda yatay kontrol yanlarındaki noktaların yükseklik bilgileri bulunmamakta; bulunsa bile, bunlar genellikle trigonömetrik nivelmanla elde edildiklerinden doğrulukları yeterli düzeyde olmamaktadır* ..; İj ' Diğer yandan, (1) eşitliğinde geçen h elipsoidal yükseklik olduğundan, düşey kontrol ağlarının jeoide dayalı ortometrik yüksekliklerin \ elipsoidal yüksekliklere dönüştürülmesi zorunluluğu vardır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi elipsoidal ve ortometrik yükseklikler arasında;

$$h = H + N \quad (6)$$

bağıntısı yazılabilir. Burada; H ortometrik yüksekliği, N elipsoidal jeoide düşey mesafeyi ifade etmektedir.

Ancak, ülkemiz düşey datumu belirlenme, diğinden nokölan-jeoit,yükseklikleri (N) bilinmemekte, bu nedenle de elipsoit yüksekliklerine göçiş mümkün olamamaktadır.



Şekil 2: ED50, WGS84 ve jeoit arasındaki ilişki

Klasik ölçme tekniklerinin sayılan olumsuzlukları nedeniyle, üç boyutlu dönüşüm için birtakım varsayımlar yapmak zorunlu olmaktadır. Bunlardan biri ortometrik yüksekliklerin elipsoit yükseklikleri olduğunu varsaymaktır. Bir diğer varsayım da, yüksekliklerin olumsuz etkilerinden kurtulmak için, her iki sistemdeki yükseklik bilgilerini gözardı ederek dönüşüm yapmaktır. Her iki varsayımla yapılacak dönüşümlerde, uygulamanın ihtiyacı olan doğruluğu yakalamak mümkün olabilir. Ancak, bu varsayımlarla iki koordinat sistemi arasındaki geometri ihmal edildiğinden, gerçeğe yakın dönüşüm parametrelerinin elde edilebileceği kuşkuludur. Burada, iki sistem arasındaki geometrik ilişkiyi gözardı etmeden, dönüşümden beklenen doğruluğu sağlayabilecek ve böylece daha anlamlı dönüşüm parametreleri üretebilecek bir çözüm araştırılacaktır.

3. Çözüm İçin Matematik Model

Üç boyutlu benzerlik dönüşümünün çözümü için farklı yaklaşımlar vardır. Bu çalışmada, ötelemeler ve dönüklükler arasında korelasyona meydan vermeyen Molodensky-Badekas Dönüşüm Modeli'nden yararlanılacaktır. Bu modele göre, iki koordinat sistemi arasındaki dönüşüm;

$$X_{ED50} = X^{\circ} + X_0 + (1+k)(I + U)(X_{WGS}-X_0) \quad (7)$$

bağıntısıyla ifade edilir (Şimşek, 1995). Bağıntı tek bir nokta için matris gösterimiyle;

$$\begin{matrix} \sim x_i \\ Y \\ Z \\ L_{50} \end{matrix} = \begin{matrix} [X^{\circ} \\ Y^{\circ} \\ Z^{\circ} \\ L_{50}^{\circ} \end{matrix} + \begin{matrix} [r_{X_0} \\ Y_0 \\ Z_0 \\ L_{50}^0] \end{matrix} + (1+k) \cdot \begin{matrix} [a \\ b \\ c \\ d] \end{matrix} \cdot \begin{matrix} [X \\ Y \\ Z \\ L_{50} \end{matrix} - \begin{matrix} [X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \\ L_{50}^0] \end{matrix} \quad (8)$$

şeklinde düzenlenebilir. Burada;

$X^{\circ}, Y^{\circ}, Z^{\circ}$: İki sistem arasındaki öteleme vektörleri

X_0, Y_0, Z_0 : Dönüşüme konu olan noktalar kümesinin ağırlık merkezi koordinattan

a, b, c, d : X, Y, Z eksenleri etrafındaki dönüklük parametreleri

k : Ölçek faktörü

olarak tanımlanmıştır.

ED50 datumunda, noktanın projeksiyon düzlemindeki Sağa ve Yukarı değerlerinden elipsoidal coğrafi koordinatları B ve L hesaplanabilse de jeoit yüksekliği N bilinemediğinden ortometrik yüksekliklerden, elipsoidal yüksekliklere gecikmediği önceki bölümde ifade edilmişti. Ancak, Molodensky diferansiyel eşitlikleri ve GPS ile elde edilen elipsoidal yüksekliklerden yararlanarak, ED50 için belirli yaklaşımlarla elipsoit yükseklikleri türetilir. Bu amaçla, ED50 elipsoit yüksekliği için "h_{ED}", WGS84 elipsoidi için "h_{WGS}" gösterimiyle, iki farklı yükseklik arasında;

$$h_{ED} = h_{WGS} - dh \quad (9)$$

yazılabilir. Burada "dh" bir yeryüzü noktasının iki elipsoide olan düşey uzaklıkları farkı olup, Molodensky diferansiyel eşitliğiyle;

$$dh = X^{\circ} \cos B \cos L + Y^{\circ} \cos B \sin L + Z^{\circ} \sin B + (aA_f + fA_a) \sin^2 B - A_a \quad (10)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Defence Mapping Agency, 1988). Burada "a" WGS84 elipsoidinin büyük yarı eksenini, "f" basıklığını, "Aa" ve "Af" de iki elipsoidin büyük yan eksenleri ve basıklıktan arasındaki farkları göstermektedir. Eşitlikte geçen öteleme parametreleri ED50 ve WGS84 datumları için daha önce yapılan uluslararası çalışmalarda belli yaklaşımlarla belirlenmiş olup, çeşitli kaynaklarda bunlara yer verilmektedir. "Defence Mapping Agency Report 1988 de sırasıyla 87, 98 ve 121m olarak verilmektedirler. Böylece, yaklaşık ötelemelerin doğruluğuna bağlı olarak dh değerleri hesaplanabilir ve bu değerler WGS84 elipsoidal yüksekliklerine eklenerek noktaların ED50 elipsoidal yükseklikleri türetilir. Hesaplanan h_{ED50} değerleri (1) eşitliklerinde yerine koyulur ve buna göre (8) eşitliği yeniden düzenlenirse;

$$\begin{bmatrix} (N + h_{WGS} - dh) \cos B \cos L \\ (N + h_{WGS} - dh) \cos B \sin L \\ (N(1 - e^2) + h_{WGS} - dh) \sin B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X^{\circ} \\ Y^{\circ} \\ Z^{\circ} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} r_{X_0} \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + (1 + k) \begin{bmatrix} 1 & y & -z \\ -y & 1 & a \\ -z & a & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \quad \dots(11)$$

elde edilir. Böylece, üç boyutlu dönüşüm ortometrik yüksekliklerden bağımsız olarak gerçekleştirilebilir.

4. Uygulama

Bu çalışmada, uygulama için test ağı olarak İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nce İzmir bölgesinde oluşturulan GPS ağının, aynı zamanda ED50 datumunda da koordinatları bulunan 14 noktası seçilmiştir. Bu noktalardan, sadece 6 tanesinin ortometrik yükseklikleri mevcuttur. Ayrıca (10) eşitliğiyle noktaların ED50 elipsoidal yükseklikleri de hesaplanmıştır. Datum dönüşümü, hesaplanan bu elipsoidal yüksekliklerle, Molodensky-Badekas modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygulamada sıkça kullanılan iki farklı hesap yoluyla karşılaştırılmıştır. Burada sözü edilen iki hesap yolu;

- ED50 elipsoidal yüksekliklerinin, ortometrik yüksekliklere eşit olduğu varsayımına
- Her iki datum için, yükseklik bilgilerini gözardı ederek $h_{ED} = h_{WGS} - dh$, başka bir deyişle iki elipsoit üzerinde sanal noktalar üretilmesi varsayımına

dayanmaktadır, (a) ile ifade edilen yaklaşımda, sadece 6 noktanın ortometrik yükseklikleri bilindiğinden, bu noktalardan yararlanılarak dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma yapılabilmesi bakımından, diğer iki yaklaşımda da öncelikle bu 6 nokta kullanılmıştır. Bunlara ilişkin dönüşüm parametreleri ve karesel ortalama hata değerleri Tablo 1'de ortak noktaların dönüştürülmüş koordinatlarının düzeltmeleri de Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 1: 6 Ortak Noktayla Üç Değişik Yaklaşım

Parametreler	H=h _{ED} Yaklaşımı	h _{ED} =h _{WGS} =0 Yaklaşımı	h _{ED} =h _{WGS} +δh Yaklaşımı
X ⁰ (m)	90,020±007	116,493±0,004	85,257±0,004
Y ⁰ (m)	92,846±007	106,394±0,004	90,408±0,004
Z ⁰ (m)	131,680±0,007	155,287±0,004	127,432±0,004
α(°)	-0,966±0,084	-0,382±0,051	0,332±0,051
β(°)	3,126±0,106	4,021±0,063	0,465±0,065
γ(°)	0,620±0,078	-0,539±0,047	0,660±0,047
k(ppm)	-4,809±0,325	1,102±0,196	-5,891±0,199
m ₀	±0,018	±0,011	±0,011

Tablo 2: Dönüşüm Sonucu Elde Edilen Koordinatların Düzeltmeleri

N. No	V _x V _y V _z			V _x V _y V _z			V _x V _y V _z		
	1	0,019	-0,021	0,001	0,013	-0,023	0,002	0,015	-0,022
2	0,015	0,015	0,005	0,002	0,007	-0,007	0,001	0,010	-0,051
3	-0,013	-0,004	-0,022	0,004	0,005	-0,006	0,003	0,006	-0,008
4	-0,025	-0,003	0,002	-0,012	0,005	0,012	-0,011	0,003	0,010
5	-0,008	-0,001	-0,007	-0,002	0,004	-0,001	-0,001	0,002	-0,002
6	0,013	0,013	0,022	-0,005	0,002	0,003	-0,006	0,001	0,008

İkinci yaklaşımda nokta yüksekliklerine ihtiyaç olmadığından, üçüncü yaklaşımda da elipsoit yükseklikleri üretildiğinden, tüm ortak noktaların dönüşümde kullanılabilmesi mümkün olmaktadır. Bu yolla elde edilen sonuçlar da Tablo 3'den görülebilir.

Tablo 3: Tüm Ortak Noktalarla İki Değişik Yaklaşım

Parametreler	2. Yaklaşım	3. yaklaşım
X ⁰ (m)	116,539±0,010	85,258±0,012
Y ⁰ (m)	106,408±0,010	90,396±0,012
Z ⁰ (m)	155,312±0,010	127,442±0,012
α(°)	-0,335±0,142	0,424±0,175
β(°)	4,048±0,158	0,524±0,196
γ(°)	-0,493±0,112	0,750±0,139
k(ppm)	1,303±0,273	-5,102±0,567
m ₀	±0,038	±0,047

Elde edilen parametrelerin İzmir Bölgesi için ne derece geçerli olduğunu incelemek ve birbirleriyle karşılaştırabilmek için test ağı dışında bir noktanın WGS84 koordinatları, bu üç farklı yaklaşımla elde edilen parametrelerle ayrı ayrı ülke koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Dönüşümler sonucu elde edilen koordinatların doğruluğunu kontrol edebilmek amacıyla seçilen noktanın ülke sisteminde de koordinatlarının olmasına

dikkat edilmiştir. Noktanın verilen eğrisel koordinatları dönüşüm sonucu elde edilen kartezyen koordinatlarla karşılaştırabilmek için $h=0$, $h=H$ alınarak ve nokta için h elipsoidal yüksekliği türetilerek kartezyen koordinatlara çevrilmiştir.

Tablo 4'de de görüldüğü gibi $H=h_{ED}$ yaklaşımıyla dönüştürülmüş X , Y , Z koordinattan mevcut koordinatlardan sırasıyla 30, 16 ve 15 cm civarında, diğer iki yaklaşımda ise 5, 3 ve 8 cm civarında farklı olarak elde edilmişlerdir. Tablo 1'de her bir yaklaşım sonucunda elde edilen birim ölçünün ve parametrelerin karesel ortalama hataları incelenecek olursa, bunun doğal bir sonuç olduğu görülecektir.

Dönüşümün yatay konum koordinatlarına ve düşey konum koordinatına etkisini daha açık bir şekilde ortaya koyabilmek için, elde edilen kartezyen koordinatlar elipsoidal coğrafi koordinatlara çevrilerek yine noktanın mevcut coğrafi koordinatlarıyla karşılaştırılmışlardır.

Tablo 4: Test ağı dışındaki bir noktanın üç ayrı yaklaşımla dönüştürülmüş koordinatları

$H=h_{ED}$ Yaklaşımıyla		$h_{ED}=h_{WGS}=0$ Yaklaşımıyla		$h_{ED}=h_{WGS}+\delta h$ Yaklaşımıyla	
Dönüştürülen Koordinatlar	Verilen Koordinatlar	Dönüştürülen Koordinatlar	Verilen Koordinatlar	Dönüştürülen Koordinatlar	Verilen Koordinatlar
4453092.788	4453092.477	4452960.458	4452960.402	4453087.978	4453087.923
2283199.103	2283198.941	2283131.253	2283131.223	2283196.637	2283196.607
3941834.611	3941834.462	3941716.681	3941716.759	3941830.328	3941830.404

Tablo 5: Noktanın dönüşümle bulunan yatay konum koordinatları

Çözüm Yaklaşımları	Enlem (B)	Boylam (L)
$H=h_{ED}$ yaklaşımıyla	38° 24' 54".4742	27° 8' 42".7818
$h_{ED}=H_{WGS}=0$ yaklaşımıyla	38° 24' 54".4742	27° 8' 42".7817
$h_{ED}=h_{WGS}+\delta h$ yaklaşımıyla	38° 24' 54".4743	27° 8' 42".7818
Verilen koordinatlar	38° 24' 54".4775	27° 8' 42".7817

Tablo 5'den görüldüğü üzere üç yaklaşımla da aynı konum koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan koordinatlar verilen koordinatlarla kıyaslandığında ise hesaplanan boylam değerleri verilen değerle aynı olmasına karşın, enlemde verilen değerle hesaplanan değerler arasında 0,003 saniyelik bir fark ortaya çıkmaktadır. Bu fark ülke koordinat sistemindeki herhangi bir noktanın enlemiyle GPS ile hesaplanacak enlemi arasındaki farkın 4" dolaylarında olmasına karşın boylamlar arasında sadece 1" fark olmasına bağlanabilir.

Tablo 6: Noktanın düşey konum koordinatları

Yaklaşım	Hesaplanan(m)	Verilen(m)	Fark(mm)
$H=h_{ED}$ yaklaşımıyla	189.7967	189.4300	36,67
$h_{ED}=H_{WGS}=0$ yaklaşımıyla	0,0012	0	0,12
$h_{ED}=h_{WGS}+\delta h$ yaklaşımıyla	182,9000	182,8988	0,12

Tablo 6 incelendiğinde ise, ilk yaklaşımla elde edilen yükseklik değeri mevcut değerle karşılaştırıldığında doğruluğunun oldukça düşük olduğu görülmektedir. Tablo 5'de yatay konum koordinatlarının neredeyse birbirinin aynı olduğu hatırlanacak olursa; yükseklik bilgilerinin dönüşüm parametrelerinin hesabında kullanılmasının doğuracağı olumsuz etkilerin, bu parametrelerin kullanılmasıyla elde edilecek yatay konum koordinatlarında değil de yine düşey konum koordinatları üzerinde etkili olacağı söylenebilir.

5» Sonuçlar Ye Öneriler

Tablo 1 incelendiğinde, 1. ve 3. Yaklaşımlarla elde edilen parametrelerin birbirlerine belli ölçüde yakın oldukları görülmektedir. Özellikle, öteleme vektörlerinin büyüklük sıralaması bu iki yaklaşımda aynıdır (Büyükten küçüğe sırasıyla Z° , Y° , X°). 1. yaklaşımda yapılan varsayımla, (Ortometrik yüksekliklerin ED50 elipsoit yüksekliklerine eşit alınması) iki sistem arasındaki geometrinin eksik de olsa gözönünde bulundurulması nedeniyle, bu doğal bir sonuçtur. Ancak 2. yaklaşımla elde edilen parametreler, diğer iki yaklaşıma göre oldukça farklıdır. Öteleme vektörlerinin büyüklük sıralaması da diğerlerine göre farklıdır (Büyükten küçüğe sırasıyla Z° , X° , Y°).

Her üç yaklaşımla elde edilen parametrelerin doğruluklarına ve birim ölçünün karesel ortalama hatasına bakıldığında 2 ve 3. yaklaşımların aynı doğruluk değerlerine sahip oldukları, buna karşın 1. yaklaşımın doğruluk değerlerinin bir miktar düşük olduğu gözlenmektedir. 2 ve 3. yaklaşımların daha ayrıntılı karşılaştırılabilmesi bakımından, tüm ortak noktaların kullanılmasıyla elde edilen parametrelerinin doğrulukları incelendiğinde, çok küçük farklarla 2.yaklaşımın daha doğruluklu olduğu söylenebilir. Ancak üç ayrı yaklaşımla hesaplanan dönüşüm parametrelerinin doğruluklarının, test ağı dışındaki bir noktanın yatay ve düşey konum koordinatları üzerindeki etkisi Tablo 5 ve 6'dan incelendiğinde yatay konum koordinatlarının aynı doğrulukla elde edildiği, buna karşın doğruluk farklılıklarının düşey konum koordinatları üzerinde etkili oldukları açıkça görülmektedir. Bunun anlamı, dönüşüm hesabına yükseklik bilgilerinin sokulmasıyla ortaya çıkacak doğruluk seviyesindeki düşüşünün, yine yüksekliklerin elde edilmesinde kendini göstereceğidir.

Bu bağlamda, yatay konum koordinatları aynı doğrulukla elde edilmesi nedeniyle, yükseklik bilgilerinin gözardı edildiği 2. Yaklaşımla gerçekleştirilecek bir dönüşümün diğerlerine göre üstün olduğu söylenemez. Üstelik, böyle bir yaklaşımla herhangi bir mühendislik çalışması için gerekli olabilecek yükseklik bilgileri üretilemeyecek ve arazi yapısı hakkında fikir yürütülemeyecektir. Bu yaklaşımın bir diğer olumsuzluğu da, koordinat sistemleri arasındaki geometriye uygun olmaması nedeniyle, hesaplanacak parametrelerin bu açıdan bir anlam taşımamasıdır.

Ülke sistemi için ortometrik yüksekliklerin kullanıldığı ilk yaklaşımın en büyük sorunu ise, yükseklik bilgileri bulunmayan ortak noktaların dönüşüm hesabında kullanılmamasıdır. Arazi şartlarında ortak nokta bulmanın ne kadar güç olduğu düşünüldüğünde, bu sorunun büyüklüğü kendiliğinden ortaya çıkmaktadır.

Tüm bunların ışığında, ED50 için elipsoidal yüksekliklerin türetildiği 3.yaklaşım ile gerçekleştirilecek bir dönüşüm, çok fazla ek hesap zorluğu getirmeden ve dahimler arasındaki geometrik ilişkiyi gözardı etmeden, yeterli doğruluklu sonuçlar üretmesi ve tüm ortak noktaların kullanılabilmesine olanak sağlaması bakımından, uygulamada etkin olarak kullanılabilir olacaktır.

Kaynaklar

Defense Mapping Agency, Technical Report, Washington, 1988

Mok, E., A Model For The Transformation Between Satellite And Terrestrial Networks in Hong Kong, Survey Review, Vol 244, April 1992

Şimşek, M., Uydu Tekniklerinin Ağ Sıklaştırmasında Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, YTÜ, İstanbul, 1995

Vanicek, P., Geodesy The Concepts, New York, 1982