

1. UZAKTAN ALGILAMA (REMOTE SENSING) NEDİR?

Son yıllarda hızla gelişen teknoloji beraberinde, yeni sözcüklerle tanımlanan olayları gündeme getirmektedir. Özellikle uzay çalışmalarındaki gelişme biz insanların düşüncelerini belirli noktalarda toplamakta ve acaba olur mu, mümkün mü sorularının yanıtlarıyla karşılıklı bırakmaktadır. Örneğin hâlâ izleri silinmeyen ve tartışmalara konu olan Çernobil olayının, Sovyetler Birliği'nce tüm dünyaya duyurulmadan önce uydular aracılığı ile saptanmış olması nasıl gerçekleştirildi? Yine Libya'da gerçekleştirilen ve Kaddafi'nin karargahına yönelik gece saldırısında hedefler nasıl belirlendi? Bütün bu soruların yanıtlarını, uzaktan algılama sistemlerinin ve uzaktan algılamanın ne olduğunun bilinmesiyle bulmak, anlamak olasıdır.

Uzaktan algılama, objeler ile hiçbir temasta bulunmaksızın onlar hakkında bilgi edinme, tanıma, çevrelerinden ayırdetme şeklinde tanımlanır. Tanıma açıklık kazandırmak amacıyla gözümüzü düşünecek olursak, insan gözü aracılığıyla çevresini algılar, gördüklerini tanır, onların nitelikleri hakkında kararlar verir. Yani gözümüz bir algılayıcıdır. Bir algılayıcı olarak tanımladığımız gözümüzün, algılama işlevini gerçekleştirirken hayat boyu kazandığımız deneyimler ve diğer duyu organlarımızın doğal desteği olduğunu unutmamak gerekir. Ancak gözümüz doğal yapısı gereği belirli boyutları algılayabilir, sonrası için ise yaklaşımlarda bulunur. İnsanlar çok eskiden beri daha geniş kesimleri algılamak ve algılama ürünlerini laboratuvara getirmek istemişlerdir.

1837 yılında ışığa duyarlı tabakanın (fotoğrafik emülsiyon) bulunması ve arkasından ilk fotoğrafın alınmasıyla isteğin gerçekleştirilmesinde ilk adım atılmıştır. Ancak insanın çevresini algılamasında iki göz aracılığıyla, stereoskopik olarak gerçekleşen algılama biçimi ise henüz çözümlenememişti. Aslında fotoğrafın bulunmasından çok önce daha Leonorda da Vinci zamanında (1492) çevrenin stereoskopik olarak resmedilmesi istenmiş ve o zaman yapay stereoskopik görüşün ilkeleri belirlenmiştir. Fotoğrafın bulunmasıyla birlikte çalışmalar daha da hızlanmış ve alım kameralarının yapıları geliştirilerek, duyarlı görüntüler sağlanmaya başlanmıştır. Optik dalında hızla gelişmeyle birlikte, yine insan gözlerinin konumunu örnek olarak bir bölgenin veya objenin farklı iki noktadan fotoğrafik alımları gerçekleştirilerek, laboratuvar koşullarında yapay üç boyutlu görüş olanağı sağlanmıştır. Söz konusu gelişmelerin sürdüğü zamanlarda insanlığın uzaya yükselme çalışmaları da hızlandırılmış ve savunma amaçlarına yönelik uzay araçlarının bulunmasıyla (örneğin balon) yeryüzeyinin belirli kesimleri uzaydan görüntülenmeye başlamıştır. Uzay araçlarındaki gelişmeyle birlikte alım kameralarındaki güçlü optik sistemlerin gelişmesi, uçan araçlardan fotoğraf alımlarını gündeme getirmiştir. Böylece ilk hava fotoğrafı alımı 1858 yılında Parisli fotoğrafçı Tournachon tarafından balondan yapılmıştır.

İlk hava fotoğrafının alımıyla uzaktan algılama başlamış olarak kabul edilmektedir. Böylece ilk hava fotoğrafı da uzaktan algılama ürünlerinden ilki olma niteliğini koru-

(1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Geodezi ve Fotogrametri Bilim Dalı.

maktadır. Önceleri askeri güçlerin hareketlerini ve niteliklerini belirlemede kullanılan hava fotoğrafları daha sonraları sivil amaçlara yönelik istekleri de karşılamaya başlamıştır.

Uzay araçlarından uçağın bulunmasıyla ilk algılama sistemi olan alım kamerası uçaklara yerleştirilerek, dahageniş anlamda ve daha duyarlı alımlar gerçekleştirilmiştir. Hava fotoğraflarının alınmasıyla, fotoğrafların yapılarında bulundukları verilerin ölçülmesi, yorumlanması çalışmaları sürdürülerek, fotogrametri = fotoğraf ölçme ve fotoyorumlama teknikleri geliştirilmiştir.

Hava fotoğraflarının alım ilkeleri doğrultusunda geliştirilen fotoğraf ölçme tekniğinin temelleri 18. yüzyılda atılmış ve esaslı gelişmeyi 19. yüzyılın ilk yarısında göstermiştir. Hava fotoğraflarındaki gelişmenin paralelinde, aynı alım ilkesinin yerden uygulanmasıyla yersel fotogrametri denilen teknik geliştirilmiştir. Her iki tekniğin esasını belli bir objenin veya kesimin farklı iki noktadan resmedilmesi ve laboratuvar koşullarında, bu iki ayrı görüntünün farklı gözlerle (sağ ve sol göz) verilmesi oluşturmaktadır.

Kısaca değindiğimiz fotogrametri = fotoğraf ölçme tekniği sayesinde yeryüzeyinin geniş kesimleri, laboratuvar koşullarında incelenir, yorumlanır, ölçülür olmuştur. Bu gelişmeler bir bilgi deposu olarak tanımlayabileceğimiz hava fotoğrafının bilgi kapsamının çok yönlü değerlendirilmesini olanaklı kılmıştır. Her değerlendirmenin ilk adımını ölçülecek objenin tanınması çevresinden ayırılması oluşturur, bu ise fotoyorumlama olarak tanımlanır.

Zamanımızda hızla gelişen uzay çalışmaları ve bilgi işlem sistemleri aracılığıyla algılama biçimleri değişmiş, klasik hava fotoğrafları alımları, yerlerini başkaca sistemlere terketmiştir. Alımlarda alım kameralarının yerleştirildiği uçakların yerlerini ise uydular almıştır. Böylece insanlar artık yeryüzeyini daha geniş boyutlarda ve fotografik olmayan biçimlerde algılamaya başlamışlardır. Çalışmaların bu aşamasından sonra yeni bir deyim olarak uzaktan algılama deyimini kullanılmaya başlanmıştır. Aslında fotoğraf ilk uzaktan algılama ürünüdür ve onun değerlendirilmesi de uzaktan algılamanın bir alt birimidir.

Uzaktan algılamanın esasını, objelerin kendilerine ulaşan elektromanyetik dalgalara farklı reaksiyon göstermeleri oluşturur. Objeler kendilerine ulaşan elektromanyetik dalgaların bir bölümünü yapılarından geçirirler (transmisyon), bir bölümünü yansıtırlar (remisyon), bir bölümünü de yutarlar (absorbsiyon). Ancak bazı objeler kendiliklerinden ışıklar (radyasyon). İşte objelerin yapılarına göre farklı oranlarda gerçekleştirdikleri bu değerlerin çeşitli algılama sistemleri ile kaydedilmesi onların tanınmasını, yorumlanmasını sağlar.

Elektromanyetik dalgalar dalga boyları ve frekansları belli olan dalgalar olup, bir bütün halinde ele alındıklarında elektromanyetik spektrumu (taıf) oluştururlar. Elektromanyetik dalgalar çok kısa dalga boylu gamma dalgalarından başlayıp, kilometrelerce uzunlukta dalga boyuna sahip radyo dalgalarına ve sonrasına uzanmaktadır.

Gözümüz elektromanyetik spektrumun belirli kesimini alır (0,38-0,78). Bunun dışında kalan kesim ise oldukça geniş yer kaplar. Yani insan çevresini elektromanyetik spektrumun çok dar bir kesimiyle algılar. Aslında ilk fotoğraf alımları da önceleri bu kesime duyarlı fotografik emülsiyonlarla yapıyordu. Daha sonra fotografik emülsiyonların yapılarının geliştirilmesiyle fotoğraflanan kesim 1,3'a kadar genişletilmiştir. Ancak bu tür alımlarda renkler alışılmışın dışında olduğundan yanlış renkli (false-color) veya yapay renkli olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyimle özel amaçlara yönelik alımlarda kullanılırlar.

Son yıllarda geliştirilen uzaktan algılama sistemleriyle her objenin yukarıda belirtilen özellikleri elektromanyetik ışınım biçiminde saptanmakta ve daha sonra görüntülere dönüştürülmektedir. Sözü ettiğimiz algılama sistemleri uydulara yerleştirilmiş olup, bugün yeryüzeyini algılayan çok sayıda, insanlı insansız uydular işlevlerini sürdürmektedirler. Ayrıca elektromanyetik dalgaların yapay oluşturulmasıyla da radar görüntüleri dediğimiz görüntüler elde edilmektedir. Bu sistemlerde elektromanyetik dalgaları oluşturan bir yayıcı anten ve objelere çarpıp geri gelen bölümünü algılayan alıcı anten bulunmakta ve sistemin yapısı gereği görüntü bir ekran üzerinde oluşmaktadır.

Sözü edilen algılayıcı sistemlerin uzay araçlarına yerleştirilerek yeryüzeyi ve diğer gezegenlere yönelik algılama çalışmaları hızla sürdürülmektedir. Bugün gelişmiş ülkeler arası bir yarış haline gelen uzaktan algılama çalışmalarında amaç özellikle yeryüzeyine yönelik algılama ürünlerinde, algılanabilen en küçük boyutun (pixel) giderek küçültülmesidir. LANDSAT uydu dizisi yanısıra, özellikle Orta Avrupa ülkelerinin ortaklaşa geliştirdikleri algılama sistemleri, örneğin geçen yıl işlevini sürdürmeye başlayan SPOT adlı uyduya yerleştirilen algılama sistemleri ile 10x10 boyutlarındaki tüm objeler tanınmakta ve yorumlanabilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi uzaktan algılama çalışmalarının ilk uygulamaları askeri amaçlara yönelik olduğundan, şu anda ulaşılan algılama duyarlılığı konusunda son veriler açıklanmamıştır. Uydulara yerleştirilen algılama sistemleri aracılığıyla yerdeki gazete başlıklarının, araba plakalarının okunması gibi veriler basın haberi olarak kalmaktadır.

Yeryüzeyinin giderek duyarlı boyutlarda algılanması, onun ölçülmesi açısından da yeni olanaklar sunmaktadır. Yersel çalışmaların yorucu, zaman alıcı ve ekonomik açıdan pahalı olması konu çalışanlarını önceleri, ilk uzaktan algılama verisi olan hava fotoğrafına ve şimdi de uydu kayıt ve görüntülerine yöneltmiştir. Hava fotoğrafları ile yapılan ölçmelerin duyarlılığı kesin sınırlara ulaşmış olup, genel geçerlilik kazanmıştır. Uzay çalışmalarının ve çağımızda hızla gelişen elektroninin bizlere sunduğu olanaklar, yeryüzeyinin hızla ve ekonomik boyutlarda ölçülmesini hazırlamıştır. Uzaydaki hareketleri yerden kontrol edilen uydular aracılığı ile sağlanan verilerin, ölçme amaçlarına yönelik değerlendirilmesinin ilkeleri çözümlenmiş bulunmaktadır. Yer ölçme deyimleri arasına son yıllarda "Uydu Geodezisi" diye yeni bir deyim katılmış bulunmaktadır. Konuyla ilgili son çalışmalarda izlendiği gibi, ölçme noktalarının cm ile tanımlanan duyarlılık boyutlarında belirlenmesi genel geçerlilik kazanma aşamasına ulaşmıştır.

2. ÜLKEMİZ KOŞULLARINDA UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNE YAKLAŞIM

Önceki bölümde tanıtılmaya çalışılan uzaktan algılamanın bugün ulaştığı nokta, acaba ülkemiz konu çalışanlarınca nasıl değerlendirilmektedir? Sorunun yanıtını, yersel ve hava fotoğraflarının ölçmelere, ülkemiz haritacılığına sokulduğu 1925 yılını vererek açıklamaya çalışalım. Fotogrametrik yöntemin sözü edilen tarihten sonra ülkemiz farklı kuruluşlarınca benimsenerek uygulamaya konuluşu, dünya boyutlarında geciktirmemizi göstermesine karşın, bu konuda küçümsenemeyecek mesafe katedilmiştir. Halen fotogrametrik yöntem yersel çalışmalardan sonra dile getirilmekte olmasına rağmen, birçok kuruluşun bu konuda çalışmalarını hızla sürdürmektedir.

70'li yılların başında uzaya gönderilen uydulardan sağlanan kayıt ve görüntülerin

ANALOG ÇİZGİSEL KIYMETLENDİRMEDE MODELLER ARASI BAĞLANTI PRESİZYONUNUN İNCELENMESİ

H.G.K. - Ank.

1. GİRİŞ

Ülke kalkınması için gerekli projelerin hazırlanması ve uygulanması, büyük ölçekli topoğrafik haritaların yapımını zorunlu kılmış olup, bu amacı karşılamak için 1:5000 ölçekli standart topoğrafik (ST) haritalar yapılmaya başlanmıştır. Halen yapımı sürdürülen bu haritalar fotogrametrik yöntemle üretilmektedir. 1:5000 ST haritaların fotogrametrik yöntemle yapılmasında, konum hassasiyetinin ± 0.2 mm., yükseklik hassasiyetinin ise uçuş yüksekliğinin % 002'si olması temel ilke olarak belirlenmiştir. Bu araştırmanın amacı 1:5000 ölçekli ST harita yapımına ilişkin çift resim değerlendirilmesinde modeller ve kolonlar arası bağlantı hassasiyetinin belirlenmesidir. Bu amaçla seçilen bir test alanında gerekli ölçümler ve hesaplamalar yapılarak, koordinatlar arasındaki farklar istatistik testlerle analiz edilmiştir.

2. TEST ALANI VE ÖLÇÜM

Test alanı, Diyarbakır bölgesinde 3x3 modellik bir alanı kapsayacak şekilde seçilmiş olup, çekilen resimlerin ölçeği 1:16.000'dir. Boyuna bindirme oranı % 60, enine bindirme oranı ise % 30'dur. Kullanılan diapositifler AGA CPE (24x24 cm.)dir. Resimler $c = 152.75$ mm.lik WILD RC-8.600 hava kamerası ile çekilmiştir. Modellerde bulunan kontrol noktaları havuz yöntemine göre yapılmış olup, her bir modelde ortalama 8 kontrol noktası bulunmaktadır. Presizyon araştırmasında kullanılacak test noktaları olarak komşu model ve kolonda ortak alana düşen ve modellerden kolaylıkla seçilebilen detaylar (bina köşesi, tek ağaç, telefon direği, belirgin sınır, vs.) her modelde en az 16 adet olacak şekilde seçilmiş ve numaralandırılmıştır. Tüm modellerin mutlak yöneltmesi; baz ayarı 0.2 mm altında ve yükseklik ayarında ise kontrol noktalarının alette okuma presizyonu 0.0002h değerinin (mevcut uygulamada ± 0.49 m.) altında olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçüm işlemleri Zeiss Oberkochen planimat D2 aleti ile yapılmıştır. Modelde mevcut kontrol noktalarının ve test noktalarının model koordinatları ± 0.01 mm. incelikte okunmuştur.

3. SAYISAL UYGULAMA

Sayısal uygulamada fonksiyonel model olarak benzerlik ve afin dönüşüm ele alınmıştır. Stokastik model olarak, ölçümün aynı alette ve aynı kişi tarafından yapılmasından dolayı, büyük bir yaklaşıklıkla eşit ağırlıkta ve aralarında korelasyon bulunmadığı kabul edilmiştir. Stokastik modelin gerçeğe uygunluğu, sonuçların da o ölçüde doğru olması sonucunu doğurmaktadır. Ancak bu kabul ile ihmal edilen hususlar sonucu etkileyecek düzeyde görülmemiştir. Korelasyon dikkate alınmasa bile, en azından, her sistemdeki koordinat ortalama hataları farklı, dolayısıyla ağırlıkları farklı olarak alınabilir-

di. Ancak, benzerlik ve afin dönüşümlerde dolaylı ölçüler dengelemesi ile, her iki sistemdeki koordinatlara düzeltmeler getirerek ve farklı ağırlıklarla çalışarak yapılacak bir dönüşüm dengelemesi sonuçlarının fazla değişmeyeceği gösterilmiştir.⁹ Benzerlik ve afin dönüşüm sonuçları çizelge 1'de verilmiştir.

BENZERLİK DÖNÜŞÜMÜ				AFİN DÖNÜŞÜM				
Model No.	m_0 (m.)	m_p (m.)	Ölçek (λ)	m_0 (m.)	m_p (m.)	λ_y λ_x	Ölçek	λ_y/λ_x
11	0.264	0.373	7.999702	0.259	0.366	8.000051 7.998486		1.000196
12	0.205	0.290	7.998202	0.225	0.319	7.998221 7.998044		1.000022
13	0.215	0.304	7.996693	0.193	0.272	7.997376 7.995877		1.000187
21	0.262	0.370	7.999571	0.274	0.388	8.000105 7.998816		1.000161
22	0.164	0.233	8.000741	0.168	0.237	8.000864 8.000505		1.000045
23	0.165	0.233	7.997693	0.158	0.223	7.998063 7.996562		1.000188
31	0.172	0.243	7.997601	0.187	0.264	7.997837 7.996562		1.000114
32	0.277	0.392	8.003502	0.281	0.398	8.003423 8.003630		0.999974
33	0.217	0.307	8.002847	0.236	0.334	8.002908 8.002777		1.000016

Çizelge 1
Benzerlik ve Afin dönüşüm sonuçları

Benzerlik ve afin dönüşüm sonucu bulunan, gerek modeller gerekse kolonlar arasındaki ortak noktalarındaki (ΔX) ve (ΔY) koordinat farkları kümesi ile bu iki kümenin birleştirilmesinden oluşan (ΔXY) kümesi istatistik testlere ve korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Kümelerde % 99.9 olasılıkla kaba hata ayıklama testine sokulmuş, kaba hatalı ölçüler ayıklandıktan sonra, kümeler sistematiğe hata, χ^2 uyum, çarpıklık ve ekstremler testleri uygulanmıştır. Korelasyon analizi için (ΔXY) kümesindeki (ΔX), (ΔY) koordinat farkı çiftlerinin hepsi F.N. David korelasyon katsayı tablosuna göre analiz edilmiş, ayrıca eleman sayısı 50'den az olan kümelerde T dağılımı, 50'den fazla olan kümelerde normal dağılım testi uygulanmıştır.

a. Benzerlik dönüşüm sonucu:

Dokuz modelde benzerlik dönüşümü ile komşu modellerden elde edilen 43 test noktasındaki (ΔX), (ΔY) ve (ΔXY) kümelerinin test sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

TESTLER		(ΔY) KÜMESİ		(ΔX) KÜMESİ		(ΔXY) KÜMESİ	
		Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik(0.95)
Sistematik Hata	$ \Delta $	632	601	323	625	955	865
	W	13	13	9	13	22	18
	M	39346	46758	19949	40606	59295	61928
Çarpıklık	$ \lambda_1 $	-0.85	1.96	-0.36	1.96	-0.85	1.96
Ekses	$ \lambda_2 $	-0.35	1.96	1.70	1.96	-1.45	1.96
χ^2		1.27	5.92	2.01	3.73	7.37	11.02

Çizelge 2

Çizelge 2'de görüleceği gibi, % 5 yanılma olasılığı ile (ΔX) kümesinde önemli bir sistematik hata olmadığı, (ΔY) ve (ΔXY) kümelerinde sistematik hata olduğu belirlenmiştir.

Kolonlar arasındaki 32 test noktasındaki sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

TESTLER		(ΔY) KÜMESİ		(ΔX) KÜMESİ		(ΔXY) KÜMESİ	
		Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik(0.95)
Sistematik Hata	$ \Delta $	406	682	53	533	353	866
	W	2	11	2	11	0	16
	M	37328	52885	4315	35582	42643	63741
Çarpıklık	$ \lambda_1 $	-0.41	1.96	0.80	1.96	0.29	1.96
Ekses	$ \lambda_2 $	-1.87	1.96	-1.11	1.96	-2.12	1.96
χ^2		1.28	5.68	0.87	5.92	4.06	14.96

Çizelge 3

Çizelge 3'ten görüldüğü gibi % 5 yanılma olasılığı ile kümelerde sistematik hata yoktur. Modeller arası koordinat farkları ile kolonlar arası koordinat farkları birleştirilerek tüm alanın test noktalarının sonuçları ise Çizelge 4'te verilmiştir.

TESTLER		(ΔY) KÜMESİ		(ΔX) KÜMESİ		(ΔXY) KÜMESİ	
		Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik (0.95)	Deneysel	Teorik (0.95)
Sistematik Hata	$[\Delta]$	1038	903	322	818	1308	1221
	W	15	17	9	17	22	24
	M	76674	70592	25616	53990	100938	88871
Çarpıklık	λ_1	-0.88	1.96	0.09	1.96	-0.41	1.96
Ekse	λ_2	-1.64	1.96	-2.01	1.96	-2.52	1.96
	χ^2	7.05	9.43	2.84	9.43	7.34	11.02

Çizelge 4

Çizelge 4'ten görüleceği gibi % 5 yanılma olasılığı ile (ΔX) kümesinde önemli bir sistematik hata olmadığı, (ΔY) ve (ΔXY) kümelerinde ise sistematik hata olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analiz sonuçları ise Çizelge 5'te sunulmuştur.

TESTLER KÜMELER	Eleman Sayısı	F. N. DAVID		T - DAĞILIMI		NORMAL DAĞILIM	
		Korelasyon Katsayısı	Tablo Değeri	T Katsayısı	Tablo Değeri	Z Katsayısı	Tablo Değeri
Modeller Arası	43	0.359	0.311	2.466	2.021	-	-
Kolonlar Arası	32	0.240	0.359	1.357	2.042	-	-
Tüm Değerler	75	0.299	0.240	-	-	2.613	1.96

Çizelge 5

Çizelge 5 incelenirse, modeller arası noktalarda ve tüm değerlerde anlamlı korelasyon vardır. Kolonlar arası noktalarda anlamlı korelasyon ise yoktur.

Benzerlik dönüşümü sonucu hesaplanan bu değerler irdelendiğinde; koordinat farklarında sistematik hata olduğu ve değerler korelasyonlu olduğu için stokastik model ve fonksiyonel modelin değiştirilmesi veya iyileştirilmesi gerekli görülmüştür. Stokastik modelin iyileştirilmesi, dönüşüm hesaplama hacmini artıracığından dönüşüm dengelemelerinde basit varsayımlara dayanan çözümlerin kullanılması uygun görülerek ve stokastik model aynı bırakılıp fonksiyonel model bir üst dönüşüm grubu olan afin dönüşüm alınarak iyileştirilmiştir. (Çizelge 1).