

UZAYDAN ÇEKİLEN FOTOĞRAFLAR YARDIMI İLE AYIN VE TÜRKİYE'NİN HARİTALARININ YAPILIŞI

Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU¹

GİRİŞ

İnsanlar, ilk çağlardanberi, yıldızlara karşı korku ve hayranlık duymuşlardır. Gökyüzüne baktıkça, uzayın derinliğini ve büyüklüğünü görmüş, bu büyüklük karşısında kendi küçüklüğünü ve güçsüzlüğünü hissederek aşağılık duygusuna kapılmışlardır.

Yıldızların, görünüşde en büyüğü olan güneş ve ay, insanları çok daha fazla etkilemiştir. Bir çok dönemlerde, insanlar güneşe ve aya tanrı gözü ile bakmışlardır. Ayın geceleri görünmesi ve şeklinin de zamanla değişmesi, çeşitli hikayelerin ve yorumların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin bazı ülkelerde, dolunay gecelerinde uyuyanların kör veya deli olacağına inanılmıştır.

Latince ay anlamına gelen Lunarium sözcüğünden bir çok sözcük üretilmiştir. Bu durum, Latinlerin ay ile ne kadar çok ilgilendiklerini göstermektedir. Türkçemizde de güzelliklerin anlatımında, Ay sözcüğünden çok yararlanılmaktadır. Örneğin; ay parçası, ayın 14 ü gibi.

Çiftçilerin ve denizcilerin bir çoğu, ayın şekli ile hava koşulları arasında bir ilişkinin bulunduğuna inanmakta ve işlerini buna göre ayarlamaktadırlar. Örneğin; bazı gemiciler şu kuralı benimsemektedirler: «Ay yatakda, gemici ayakda; ay ayakda gemici yatakda» 2-3 günlük bir ay, yarım daire veya hilâl şeklinde görünür. Bu yarım dairenin uçlarını birleştiren doğru, yatay olabileceği gibi, çeşitli eğimlerde veya dik de olabilir. Yarım dairenin uçlarını birleştiren doğrunun yatay olmasına «Ay yatakda» denilmekte ve havalanın iyi gideceğine karar verilerek sefere çıkılmaktadır. Özetle Ay yatakda olunca, gemiciler evlerinde yatmamaktadırlar. Yarım dairenin uçlarını birleştiren doğrunun düşey olmasına «Ay ayakda» denilmekte ve havalanın bozacağına karar verilmektedir. Buna görede gemiciler evlerinde kalmaktadırlar. Gemicilerin bir çoğu, bu kuralın, genellikle doğru sonuç verdiği kanısındadırlar.

Çiftçiler arasında da buna benzer inançlar ve kurallar bulunmaktadır. Ürünlerin ekim ve biçme günleri, bu kurallara göre yapılmaktadır.

Aşağıda, aya ait eski ve yeni bilgiler özetlendikten sonra, haritasının nasıl yapıldığı açıklanmıştır. Daha sonrada, İ.T.Ü. de, Uzay fotoğraflarından yararlanılarak Türkiye haritasının yapılışına ait bilimsel çalışmanın özeti verilmiştir.

¹ İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi.

AYA AİT ESKİ BİLGİLER

İnsanların aydaki değişikliklere büyük ilgi göstermelerine rağmen, yakın zamana kadar ay hakkında çok yanlış bilgilere sahiptiler. Bu yanlışlıklar 19 uncu yüzyılın sonlarına kadar devam etmiştir. Ancak, uzay çağına girilmeye başlandıktan sonra ayla ilgili doğru bilgiler elde edilmeye başlanmıştır.

Ay yüzeyindeki bazı kısımlar, diğer kısımlardan daha koyu görünür. 17 inci yüzyıldaki astronomlar, koyu görünen yerlerin deniz, diğer kısımlarında kara olduğuna karar vermiş ve buna göre Ay haritası çizmişlerdir. O tarihte verilen isimlerin büyük çoğunluğu bu gün dahi kullanılmaktadır. Bu gün yapılan ay haritasına bakılınca Seronitatis denizi, Imbrium denizi, Humorum denizi gibi isimler görülür. Bu isimler 17 inci yüzyıldan kalmıştır. Koyu görülen yerlerin deniz olmadığı kesinlikle anlaşıldığı halde, bu isimler kullanılmaktadır.

17 inci yüzyılda yaşamış olan Alman Astronomu Kepler, koyu görünen yerlerin deniz olduğu düşüncesine katılmış karalarda görünen kraterlerin de doğal yollarla oluşmadığını ayda yaşayan yaratıklar tarafından yapılmış olduğunu savunmuştur.

1835 yılında, İngiliz astronomlarından Sir John Herchel, çapı 7,2 m olan bir teleskop yapmış ve bununla ayın yüzeyini inceledikten sonra, kanatlı insanlar gördüğünü, bu insanların kelebekler gibi uçtuklarını bildirmiştir. Kısa bir süre sonra bunların birer yanlışlığı olduğu anlaşılmıştır.

100 yıl kadar önce, Amerikan astronomlarından William H. Pickering, teleskobu ile yaptığı uzun incelemeler sonunda aydaki bazı kraterlerin içersinde siyah noktalar gördü. Bu noktalar, aydaki bir günün sabahında görünmeye başlıyor ve akşam güneşin batışından önce kayboluyorlardı. Bir ay günü yaklaşık olarak 28 dünya gününe eşittir, bunun yarısı gündüz yarısı da gecedir. Ay dünya çevresinde bir defa dönerken kendi çevresinde de bir defa döner. Bir ay günü, bir ay ayına eşittir. Dünyadan bakanlar, ayın daima bir yüzünü görmekte, arka yüzünü görmemektedirler. Siyah noktalar dünya gününe göre 14 gün görünüyor 14 gün görünmüyordu. William H. Pickering bu siyah noktaların, aydaki kısa boylu bitkilerin oluşturduğunu düşünmüş ve aydaki karların eridiğini görebildiğini de iddia etmiştir. Ay yüzeyini çok insan incelemiş ve aralarında tartışmışlardır, bu insanlara Selenografer denilmektedir. Uzay çağına girildikten sonra bu iddiaların ve tartışmaların ne kadar yanlış olduğu ortaya çıktı.

AYA AİT YENİ BİLGİLER

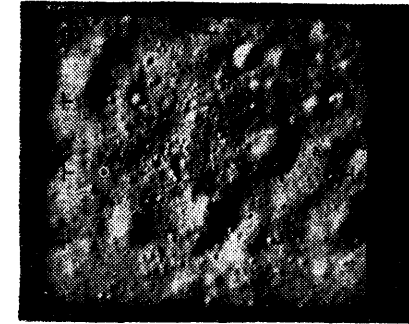
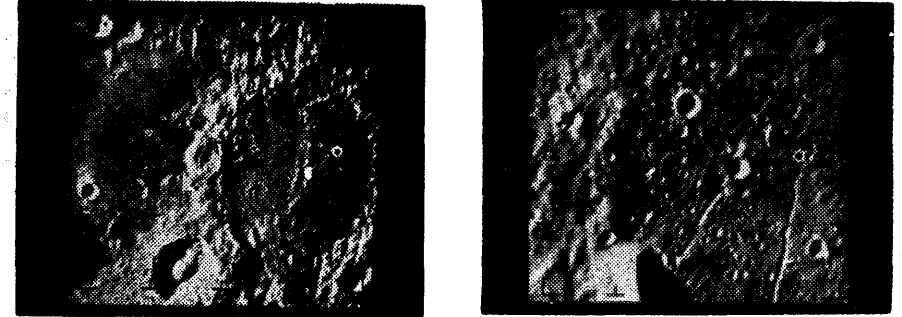
Dünyadaki bütün canlıların yaşamasına olanak sağlayan hava, mikropların yaşamasına da olanak sağlamaktadır. Ayda hava olmadığından, canlılar, bu arada mikroplar da yaşayamamaktadır. Ay yüzeyine konulan herhangi bir besin maddesi, sterilize edilmiş gibi, bozulmadan uzun zaman durabilmektedir. Güneş ışınları bütün şiddetiyle ay yüzeyine çarpmaktadırlar. Güneş ışınları içersinde bulunan mor ötesi, X ve gamma ışınları, ay yüzeyinde bütün zararlı etkilerini yapmaktadırlar. Aynı ışınlar dünya yüzeyine gelirken atmosferden geçtiklerinden zararlı olmaktan çıkmaktadırlar.

Ay yüzeyinde yaşam için gerekli olan su da bulunmamaktadır. Gün ortasında, ay ekvatorundaki sıcaklık, suyun kaynama derecesinden çok fazladır. Dünya yüzeyi-

yindeki bazı mikroskobik canlıların, susuz ve oksijensiz yaşayabildiği saptanmıştır. Fakat bunların ay yüzeyinde yaşama olasılığı on milyarda birden daha azdır. Bilim adamları bu konularda kesin fikir birliğine varmışlardır. Aya giden astronotlar da bu koşullara göre giyinmişlerdir. Giderken üzerlerinde herhangi bir mikrobu taşıması için, geniş çaplı önlemler alınmıştır. Ayrıca aydan dünyaya herhangi bir mikrobu getirmemesi için de önlemler alınmıştır. Astronotların, gitmeden önce ve geldikten sonra, bir hücreye kapatılmalarının bir sebebi de budur.

İnsanlar, çok eski dönemlerdenberi, ay yüzeyinin bir kristal gibi pürüzsüz olduğunu ve gelen ışınları ayna gibi yansıttığını düşünmüşlerdir. Bu düşünce Galile dönemine kadar gelmiştir. Galile ay yüzeyinin, dünyadan daha engebeli olduğunu saptamıştır. Yüksek dağlar ve sivri tepeler, büyük ve keskin kenarlı gölgelerin oluşmasına neden olmaktadır.

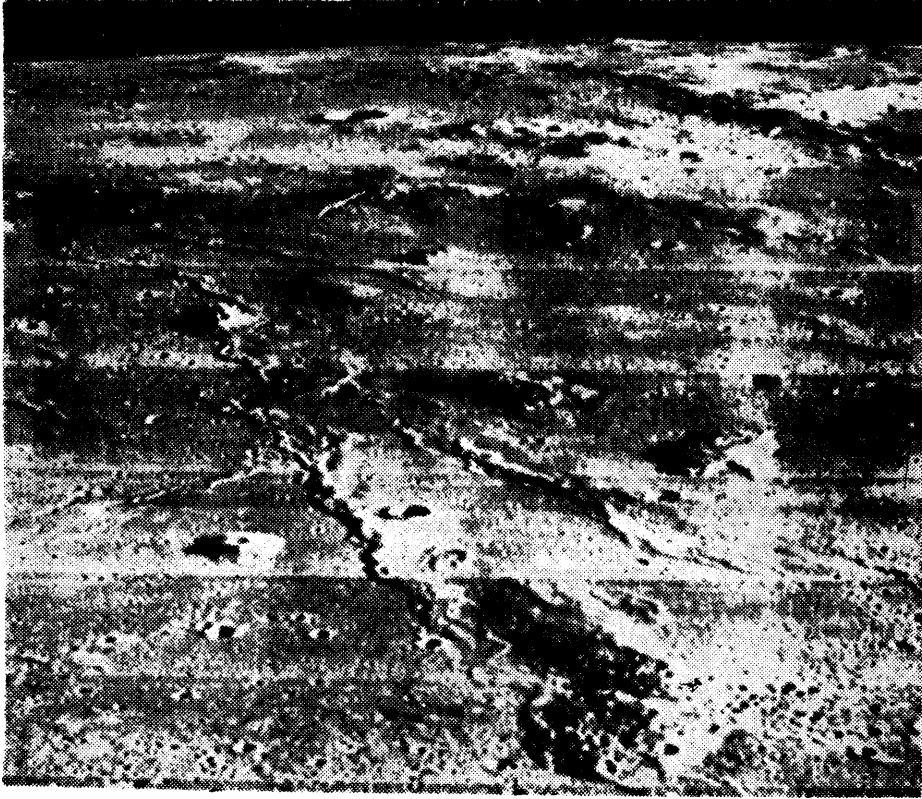
Şekil No: 1 de ay yüzeyinin çeşitli yüksekliklerden çekilmiş 3 fotoğrafı görülmektedir. Bu fotoğraflarda tepelerin oluşturduğu gölgeler görülmektedir. Aynı fotoğraflarda bir çok yuvarlak deliklerde bulunmaktadır. Bilim adamları, bu deliklerin volkanik küllerle dolu olduğunu ve herbirinin bir krater olduğunu kabul etmişlerdir.



Şekil 1. Ay yüzeyinin çeşitli yüksekliklerden çekilmiş 3 fotoğrafı. Her 3 fotoğrafta Ranger 9 isimli uydudan çekilmiştir. Sol yukardaki 410 Km. yükseklikten, sağ yukardaki 67 Km. den, aşağıdaki de uydu ay yüzeyine inmeden 3 saniye önce ve 7 Km. yükseklikten çekilmiştir. Fotoğraflarda kraterler, tepeler ve sıradağlar görülmektedir.

Şekil No: 2 ve 3 de ay yüzeyine ait 2 fotoğraf daha görülmektedir. Bu fotoğraflarda, sıra dağlar ve kraterler görülmektedir. Dünyanın içersinde olduğu gibi ayın içersinde de erimiş madenler bulunmakta ve zaman zaman dışarıya püskürmektedir. Çıkan lavlar çok zaman dereler gibi akmakta ve vadiler oluşturmaktadır. Ay yüzeyine düşen meteorlarda büyük çukurların açılmasına neden olmuştur. Ay yüzeyindeki bu çukurlar, dünya üzerine düşen meteorların çukurlarına çok benzemektedir. Bilim adamları her iki çukur arasında büyük benzerlikler saptamışlardır.

Ay yüzeyindeki kraterlerin en büyüğü Tycha krateridir ve esneyen bir insanın ağzına benzemektedir, çapı 86 Km. dir, ortasında 2100 m. yüksekliğinde bir tepe bulunmaktadır, bu tepe de insan diline benzetilmektedir. Aya inen astronotlar, bu kraterin dış kenarındaki düzlüğe yumuşak iniş yapmışlardır.



Şekil 2. Ay yüzeyindeki Morius Tepeleri isimli bölgeyi gösteren fotoğraf. Dünyanın içersinde olduğu gibi, ayın içersinde de erimiş madenler bulunmaktadır. Bu madenler zaman zaman püskürerek ay yüzeyine çıkmakta ve kraterleri oluşturmaktadır. Çıkan lavlar çok zaman dereler gibi akmakta ve vadiler açmaktadır. Ay yüzeyine düşen meteorlar da büyük çukurların açılmasına neden olmuştur. Ay yüzeyinde açılan meteor çukurları ile dünya yüzeyinde açılan meteor çukurları arasında büyük benzerlikler bulunmaktadır.



Şekil 3. Ay yüzeyinde büyük bir dere yatağı. Alp dağlarının arasında bulunan vadilere çok benzeyen bu dere yatağı 120 Km. boyundadır ve lavların akmasıyla meydana gelmiştir. Arazide korkunç bir manzara ve derin bir sessizlik bulunmaktadır.

AY HARİTASININ YAPILIŞI

966 ve 967 yıllarında ay yüzeyinden 6400 km. uzaklıktaki yörüngelere yerleştirilen 30 kadar uydudan, ayın çok net ve ayrıntıları gösteren fotoğrafları çekildi. Harita uzmanlarının hayal ettikleri kadar güzel ve yararlı olan bu fotoğraflar, ay yüzeyinin % 99,6 sını kapsıyordu.

Bu fotoğraflar yardımıyla ayın haritasının yapılabilmesi için herbirinin ay yüzeyinde nereye isabet ettiğinin saptanması gerekiyordu. Diğer bir deyimle; fotoğrafların her birinin, ay yüzeyine ait enlem ve boylam daireleri dikkate alınarak, her bir fotoğrafın hangi enlem ve boylam daireleri arasına düştüğünün saptanması gerekiyordu.

Dünya yüzeyini gösteren haritalar yapılırken, sadece fotoğrafların çekilmesi yeterli olmamaktadır. Fotoğraflardan her birinin arazinin neresine ait olduğunun saptanması gerekir. Bunun içinde, arazide, her fotoğraf içersine en az 3 tane düşecek şekilde noktalar alınır ve yersel yöntemlerle ölçülerek koordinatları hesaplanır. Bu noktalara Bağlantı noktaları (Pass Point) denir. Bağlantı noktaları fotoğraflar çekilmeden önce yapılır ve kireçlenir. Böylelikle fotoğraflarda görmeleri sağlanır.

Ay yüzeyini gösteren fotoğraflarda, Bağlantı noktaları bulunmadığından, her birinin nereye ait olduğunun saptanması, önemli bir problem olmaktadır.

Uzmanlar bu probleme çözüm getirmek amacıyla çapı 1 m. olan bir küre aldılar ve bunu ay kabul ederek, üzerine enlem ve boylam dairelerini çizdiler. Alınan kürenin, gerçek ay büyüklüğüne oranını saptadılar ve uçuş yüksekliğini bu oranla çarparak, fotoğrafların küreden ne kadar uzakta tutulması gerektiğini buldular. Bu kadar uzaklığa bir Projektör yerleştirdiler ve fotoğraflardaki görüntüleri teker teker ay yüzeyine yansıtılar. Böylelikle uzakdan ayın fotoğrafları çekilirken oluşan durumun bir modelini laboratuvarında yapmış oldular. Uzayda, aydan fotoğraflara ışınlar geliyordu, laboratuvarında ise fotoğraflardan küre yüzeyine gidiyordu.

Ay ekvatoru üzerindeki belirgin noktaların (kraterler, yüksek dağlar ve denizler) yerleri, fotoğraflardan küre yüzeyine önce kabaca taşındı. Fotoğrafların ortak alanları bulunduğundan, bir fotoğrafın belirgin noktaları küre yüzeyine işlendikten sonra yanındaki fotoğrafın belirgin noktaları işlenebiliyordu.

Ay ekvatoru üzerindeki ve yakınındaki noktaların sonuncusu işlendikten sonra, ilk noktaya düşülmektedir. İlk noktanın tam kendi üzerine düşmesi gerekmektedir. İlk uygulamada bu çalışma sağlanamamıştır. Projektörle küre arasındaki uzaklık değiştirilerek çakışma sağlanmıştır. Böylelikle ekvatordaki belirgin noktaların küre üzerindeki yerleri duyarlı bir şekilde saptanmıştır.

Ekvatorun belirgin noktalarından sonra, ayrıntı noktaları da küre yüzeyine işlenmiştir. Ayrıca küre yüzeyine çizilmiş olan enlem ve boylam daireleri fotoğraflara taşınmış ve çizilmiştir.

Ekvator kuşağındaki noktalar, ay haritasının yapılmasında, bağlantı noktaları olarak kullanılmışlardır.

Dünya üzerinde bağlantı noktası bulunmayan yerlerde, hava fotoğraflarının ortak alanları üst üste konularak, bütün araziye kapsayan büyük fotoğraflar elde edilir. Bunlara «Fotomozaik» denir. Fotomozaik normal haritadan farkı bağlantı noktalarının olmamasıdır. Bu nedenle de fotomozaik harita gibi, kesin bir ölçeği yoktur, ancak hava fotoğrafları gibi kaba bir ölçeği vardır.

Yapılan ay haritası fotomozaik değildir, gerçek bir haritadır.

Ayın ekvator kuşağının haritası, küre yüzeyine çizildikten sonra, fotoğrafların ortak alanlarından yararlanılarak, kuzeydeki ve güneydeki fotoğraflar küre üzerine

işlenmiştir. Aynı şekilde işleme devam edilerek kutuplara kadar gidilmiştir. Böylelikle ay yüzeyine ait bütün şekiller, küre yüzeyine işlenmiştir. Fakat eşyükselti eğrileri çizilmemiştir.

Dünya üzerinde yüksek bir yere çıkan kimse oldukça geniş bir alanı görür. Ay yüzeyinde aynı yüksekliğe çıkan bir kimsenin görebileceği alan çok daha küçüktür. Çıkılan yükseklik h dünyanın çapı da R ile gösterilirse görülebilen en büyük uzaklık

$$d = \sqrt{hR}$$

formülü ile hesaplanır. Dünya yüzeyinde 8 m. yüksekliğe çıkan bir kimsenin görebileceği en büyük uzaklık, dünyanın çapı 12740 Km. olduğundan

$$d = \sqrt{0,008 \times 12740} = 10 \text{ Km.}$$

dir. Ay yüzeyinde 8 m. yükseğe çıkan bir kimsenin görebileceği en büyük uzaklık, ay çapı dünya çapının yaklaşık olarak 1/4 ü kadar, tam olarak 3824 Km olduğuna göre;

$$d = \sqrt{0,008 \times 3824} = 5,4 \text{ Km.}$$

dir. Bu hesaplar, ay ve dünya yüzeyinde dağlar ve çukurluklar bulunmadığına göre, diğer bir deyimle; her ikisi de birer pürüzsüz küre yüzeyi olduğuna göre yapılmıştır.

Dünya yüzeyinin haritası yapılırken, küreselliğin etkisiyle noktalar yer değiştirmektedir. Bu yer değiştirme ay yüzeyinde daha fazla olmaktadır, çünkü; ay yüzeyindeki bükülme daha fazladır. Bu durum; ay haritasının yapılmasında daha büyük güçlüklerle karşılaşılmasına neden olmaktadır.

Ay yüzeyindeki bütün şekiller 1 m çapındaki küre yüzeyine işlendikten sonra, haritasının yapımına geçilmiştir. Bütün haritalar arazi yüzeyinin yatay bir düzlem üzerindeki dik izdüşümüdür, diğer bir deyimle ortogonal projeksiyonudur. Küre yüzeyindeki şekilleri bir düzlem üzerine geçirebilmek için, çeşitli projeksiyon (Açılım) yöntemleri geliştirilmiştir. Türkiye'nin standart haritaları, (1/25 000 ve 1/5 000 ölçekli haritalar) Gauss-Grüker Projeksiyon yöntemine göre yapılmaktadır. Ayın haritası, Lambert Projeksiyonunun eşit alan yöntemine göre yapılmıştır. Bir madeni para ay haritasının neresine konulursa konulsun daima aynı alanı kapsar.

Uzay çağına gelinceye kadar, bir çok ay haritası yapılmıştır. Bu haritaların hepsinde, ayın kuzey kutbu güney kutup olarak güney kutbu da kuzey kutup olarak gösterilmiştir. Bunun sebebi teleskopların objeleri ters göstermesidir. Teleskopa bakılarak çizilen haritalar da ters olmuştur. Ayrıca sıhhat dereceleri de, yeni yapılan kıyasla, çok düşüktür. Evvelce yapılan haritalar, ayın sadece dünyaya bakan yüzüne ait bulunmaktaydı. Yeni haritada ise arka yüz de gösterilmiştir.

1651 yılında ilk ay haritasını yapan Giovanni Riccioli ünlü bilim adamlarının isimlerini aydaki dağlara, kreterlere ve denizlere vermiştir. Bu gelenek devam ettirilmiştir. Kopernik, Darwin, Kolomp, Vasgode Gama, Einstein, gibi isimler ay haritalarına yazılmıştır. Kuzey kutbunun yakınındaki yerlerde ünlü Amerikan kutup seyyahları Peary ve Byrd'in, güney kutbunun yakınında da ünlü Norveç kutup seyyahları Amundsen ve Scott'un isimleri bulunmaktadır. Cape Kennedy üssünde yanan 3 astronodun ve Yuri Gagorinin isimleri de ay haritasına yazılmıştır.

Tam güney kutbunun ve çevresinin fotoğrafları alınamamıştır. Bu nedenle burası haritada boş kalmıştır. Bu boşluk, ay yüzeyinin tamamının % 1 inden daha azdır.

UZAYDAN ÇEKİLEN FOTOĞRAFLAR VE TÜRKİYE HARITASI

Bugün dünyanın çevresinde çok sayıda yapma uydu dönmekte, sivil ve askeri amaçlarla incelemeler yapmaktadırlar. Bu incelemelerin bir kısmı, fotoğraf çekerek, diğerleride; dünyadan gelen ışınları dalga boylarına göre sınıflara ayırarak ve özel manyetik bantlara işleyerek yapılmaktadır.

Fotoğraf çekilerek yapılan incelemelerde, genellikle uduya 4 veya daha fazla fotoğraf makinesi yerleştirilmekte ve objektiflere takılan farklı filtreler sayesinde, her makineye değişik dalga boyundaki ışınların girmesi sağlanmakta, böylelikle özellikleri farklı fotoğraflar çekilmektedir. Bu fotoğrafların çekiminde, sadece filtrelerin farklı olması yeterli olmamakta, kullanılan filimlerin de, filtresine uygun özellikte olması gerekmektedir.

Bu şekilde çekilen fotoğraflardan biri arazinin Topoğrafik yapısını çok iyi bir şekilde gösterirken diğer bir tanesi bitkileri, bir başkası da yerleşim alanlarını çok iyi şekilde göstermektedir. Ulaşılmak istenilen amaca göre, filim filtre kombinasyonları yapılmaktadır.

Dünya üzerindeki doğal kaynakları saptamak ve incelemek amacıyla, «Landsat Serisi» ismi verilen uydulardan yararlanılmaktadır. Bu uyduların çektiği fotoğraflar, küçük bir ücret karşılığında bütün uluslararası ülkelere verilmekte ve ülkelerindeki doğal kaynakların incelenmesine yardımcı olunmaya çalışılmaktadır.

Landsat uydusu, diğer ülkelerden olduğu gibi, Türkiye üzerinden de 18 günde bir geçmekte ve çeşitli özellikte fotoğraflar çekmektedir. Landsat uydusu ortalama 950 Km yüksekte dolmakta ve 1/1 000 000 ölçeğinde fotoğraflar çekmektedir. Bu ölçek, her akşam televizyondaki meteoroloji haberlerinde gördüğümüz, meteoroloji uydusundan çekilen Türkiye fotoğrafından çok daha büyüktür. Meteoroloji uydusunun amacı bulutları ve büyük karaparçalarını saptamaktır. Diğer bir deyimle, hangi büyük kara parçası üzerinde, hangi tip bulutların bulunduğunu ortaya çıkarmaktır. Landsat uydusunun amacı ise, arazinin topoğrafik yapısı ve üzerinde bulunan varlıklar hakkında ayrıntılı bilgi vermektir. Landsat uydusunun saptayabildiği en küçük boyut 80 m. dir.

Meteoroloji uydusunun çektiği bir fotoğraf, bütün Türkiye'yi kapsadığı halde, Landsat uydusunun çektiği bir fotoğraf, ancak bir ilimizi kapsıyabilmektedir.

Dünyamızın ekseni, Landsat uydusunun yörünge düzlemi içerisinde bulunmaktadır. Uydu bir tarafta güneyden kuzeye doğru çıkmakta ve kuzey kutbunun üzerinden geçtikten sonra, güneye doğru inmektedir. Landsat uydusunun yörünge düzlemi daima aynı durumda kalmakta ve hiç dönmemektedir. Fakat; dünya kendi ekseni etrafında döndüğü için, uydu her seferinde aynı yerin fotoğraflarını çekmemekte, bir evvelki şeridin kenarındaki ikinci bir şeridi taramaktadır. Uydu 18 gün sonra aynı şeridi taramakta ve aradaki farkları ortaya çıkartmaktadır. Örneğin 18 günlük süre içerisinde bir orman yanmışsa, birinci şeritteki fotoğraflarda görünmekte ikinci şerittekielerde görünmemektedir.

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü Öğretim üyeleri, Landsat uydusunun çektiği fotoğraflardan yararlanılarak, Türkiye haritalarının yapılması halinde, hangi duyarlılık derecesinin elde edileceğini saptamak amacıyla bir bilimsel araştırma yapmışlardır. Tübitak'ın desteklediği bu araştırmanın özeti ve elde edilen sonuçlarını meslektaşlarımıza duyurmayı yararlı bulduk.

LANDSAT UYDUSUNDAN ÇEKİLEN FOTOĞRAFLARIN ÖZELLİKLERİ

Uçaktan çekilen bir fotoğraftaki yapraksız ağaçlar incelenirse, hepsinin yarıçap doğrultusunda uzandığı görülür. Ağaçların kökleri fotoğrafın merkezine dallarında fotoğrafın kenarlarına doğru uzanırlar. Yaprakları dökülmemiş ağaçların oluşturduğu ormanların fotoğraflarında bu durum görülmez çünkü, yapraklar gövdeleri örter.

Yüksek binaların bulunduğu şehirlerin fotoğraflarında da, binaların düzey kenarları yarıçap doğrultusunda uzanırlar. Fotoğrafta görülebilen bir bayrak direği de, yarıçap doğrultusunda uzanır. Bayrak direği, fotoğrafın merkezine düşecek olursa, tepesi ile dibi aynı nokta olarak görülür. Çünkü; fotoğraf, direğin tam yukarsından çekilmiştir. Direğin tepesi dibini örter. Direk fotoğraf merkezinden uzaklaştıkça, fotoğraftaki görüntüsü büyür. Aynı boydaki 2 direktan, biri fotoğraf merkezinin yakınında, diğeride uzağında olsa, uzaktaki yakındakinden daha büyük görünür.

Bir direğin, fotoğraftaki görüntüsü, direk boyu ile ve direğin fotoğraf merkezine olan uzaklığı ile doğru, uçuş yüksekliği ile ters orantılıdır. Fotoğrafi çeken uçağın, uçuş yüksekliği arttıkça, direğin görüntüsü de küçülür.

Haritalardaki bir direğin veya bir kulenin, tepesiyle dibi aynı nokta olarak görülür. Hava fotoğraflarında ise, tepe noktası yarıçap doğrultusunda kaymış olarak görünür. Hava fotoğraflarının harita gibi kullanılamamasının yegane sebebi, noktaların, yüksekliğin etkisiyle yarıçap doğrultusunda kaymasıdır. Yukarıda bayrak direği için açıklanan özellik, arazideki her yüksek nokta için geçerlidir. Hava fotoğraflarındaki bütün noktalar, yüksekliğin etkisiyle yarıçap doğrultusunda kaymışlardır, fotoğrafa bakan bir kimse noktaların kaymış hallerini görmektedir. Örneğin bir dağın tepesi, fotoğrafta kaymış olarak görünmektedir fakat; dibi görünmemektedir. Dağın yüksekliği, fotoğrafın çekildiği andaki uçuş yüksekliği ve dağın tepesiyle fotoğraf merkezi arasındaki uzaklık ölçülürse, dağın tepe noktasının ne kadar kaydığı hesaplanabilir. Fotoğraftaki her nokta için bu hesabı yapmaya olanak yoktur.

Yüksekliğin etkisiyle fotoğraflardaki noktaların yarıçap doğrultusunda kaymaları hava fotoğraflarını harita özelliğinden uzaklaştırmaktadır. Diğer bir deyimle, bu özellik, havadan çekilen fotoğrafların, harita gibi kullanılmasını önlemektedir.

Noktaların kaymaları nedeniyle, hava fotoğraflarının ölçekleride, harita ölçeği gibi kesin bir değer olmamakta çok kaba değerler olmaktadır. Dağların tepeleri, uçağa yakın olduğu için fotoğraflarda büyük görünmekte, vadiler ve deniz kenarları, uçağa uzak olduklarından fotoğraflarda küçük görünmektedir. Bu nedenle, dağlık bir arazinin fotoğrafında, her noktanın ölçeği başkadır. Fotoğraflar üzerine yazılan ölçekler, arazinin ortalama yüksekliğine göre hesaplanmış kaba değerlerdir.

Örneğin; Orman amenajman planlarının yapımında kullanılan hava fotoğraflarının ölçeği 1/21 000 olarak verilmiştir. Yaptığımız bir incelemeye göre bu ölçek, de-

niz kenarında 1/35 000 e inmekte, yüksekliği 3500 m. olan bir dağın tepesinde ise 1/6 800 e çıkmaktadır. Toros dağlarına ait fotoğrafların ölçeği bu kadar çok değişmektedir. Amenajman planları yapılırken 3 hektardan küçük açıklıklar ve gruplar dikkate alınmamaktadır. 1/21 000 ölçeğindeki fotoğrafta alanı 3 hektar olan bir yer, kenarları 8,2 mm olan bir kare veya çapı 9,2 mm olan bir daire şeklinde görülmektedir. Deniz kenarındaki bir yerin fotoğrafında daire şeklinde ve 9 mm çapındaki bir yer, 3 hektardan küçük düşüncesiyle dikkate alınmamaktadır. Gerçekte ise bu alan 7,968 hektardır.

Yukardaki düşünceler, fotoğraf makinesinin optik eksenini tam anlamıyla düşey tutularak çekilen fotoğraflara aittir. Optik eksenin düşeyden ayrılması halinde, yukarıda açıklanan nokta kaymaları daha da büyümekte ve fotoğraflar harita özelliğinden biraz daha uzaklaşmaktadır. Bugüne kadar, optik eksenini tam anlamıyla düşey tutarak fotoğraf çekme olanağı sağlanamamıştır. Her fotoğrafta az çok bir eğiklik bulunmaktadır.

Fotoğrafları harita özelliğinden uzaklaştıran nokta kayması, bir başka konuda, çok önemli faydalar sağlamaktadır. Stereoskopik görüntü (3 boyutlu görüntü) nokta kayması sayesinde elde edilmektedir.

Uzaydan çekilen fotoğraflar, çok yüksekte çekildiklerinden, üzerlerinde nokta kayması yok denecek kadar azdır. Nokta kayması olmadığından, uzaydan çekilen fotoğraflarla stereoskopik görüntü elde edilememektedir. Aynı sebeple, uzaydan çekilen fotoğraflar harita özelliği taşımaktadır. Uzaydan çekilen bir fotoğraf tam anlamıyla düşey çekilmişse harita gibi kullanılabilir.

Özet olarak; uçaklardan çekilen fotoğraflarla uydulardan çekilen fotoğraflar arasındaki fark şudur: Uzaydan çekilen fotoğraflar, harita özelliğindedir, bu fotoğraflarla stereoskopik görüntü elde edilemez. Uçaklardan çekilen fotoğraflar harita özelliğinde değildirler fakat; bu fotoğraflarla stereoskopik görüntü elde edilir. Uzaydan çekilen fotoğrafların ölçeği, uçaklardan çekilenlerden daha küçüktür. Uzaydan çekilenlerin ölçeği 1/1 000 000 ve daha küçük olmasına karşılık, uçaklardan çekilenlerin ölçekleri 1/10 000 ile 1/60 000 arasında bulunmaktadır.

I.T.Ü. İNŞAAT FAKÜLTESİ, JEODEZİ VE FOTOGRAFETRİ BÖLÜMÜNDE YAPILAN ARAŞTIRMA

Landsat uydusuna 4 fotoğraf makinesi yerleştirilmiştir, uydunun taradığı alanların 4 ayrı özellikte fotoğrafları çekilmektedir. Avrupa ülkelerinin bir çoğu, bu fotoğraflardan yararlanılarak ülkelerinin haritası yapıldığı taktirde, hangi doğruluk derecesinin elde edileceğini araştırmışlardır. Önce bu konuda yapılabilecek çalışmaların teorisi geliştirilmiş, daha sonrada uygulamasına geçilmiştir. Bahr ve Schur Almanya'da; Wong Steiner ve Kirly'de A.B.D. de bu konuda yapılan çalışmaların öncüsü olmuşlardır. I.T.Ü. de bu çalışmalara paralel bir çalışma yapılmıştır.

Çalışma için, batı, orta ve doğu Anadolu'da birer pilot bölge alınmış. Batıdaki pilot bölge Bursa ile Zonguldak arasında, Orta Anadolu'daki Kayseri çevresini, Doğu Anadolu'daki de Sivas yöresini kapsamıştır. Bu yörelerin 17-18 Haziran ve 17 Ekim 1978 günlerinde çekilmiş fotoğrafları üzerinde çalışılmıştır. Fotoğrafların ölçeği 1/1 000 000 idi.

Aynı yörelerin 1/25000 ölçekli Topoğrafik haritaları, Harita Genel Komutanlığından alınmış ve üzerlerindeki keskin görünüşlü noktaların koordinatları, koordinatograf isimli alet yardımıyla saptanmıştır. Koordinatograf aletine kurşun kalemi takılırsa, koordinatları bilinen noktalar, bir kağıt üzerine duyarlı ve hızlı bir şekilde konulabilmektedir. Koordinatograf aletine özel bir mercekle yerleştirilirse, bir harita üzerindeki noktaların koordinatları, duyarlı ve süratli bir şekilde okunabilmektedir. Bu okuma, makinenin X ve Y eksenlerine göre yapılmaktadır. Makinenin X ve Y eksenleri, haritanın eksenlerine uymayacağı için daima farklı değerler çıkacaktır. Bir haritadaki noktaların koordinatları bir defa okunduktan sonra, harita biraz döndürülse ve aynı noktaların koordinatları tekrar okunsa farklı değerler bulunur. Bu değerleri birbiriyle veya arazi koordinatlarıyla karşılaştırılabilmek için, bir dönüşüm hesabı yapmak, Makinenin X ve Y eksenlerini, haritanın X ve Y eksenleriyle çakıştırmak gerekir.

Dönüşüm hesaplarında hiç bir zaman kesin değerler bulunamaz. Yani makinenin X ve Y eksenleri, haritanın X ve Y eksenleri ile tam olarak çakışamaz. En olumlu, olasılığı en büyük olan durumu saptamak için, Matematik İstatistik bilgilerinden yararlanılır. A, B, C noktalarını birleştiren doğruların semt açılarını, makine koordinatlarından yararlanarak saptadığımızı varsayalım. Haritayı döndürerek, haritadaki S_{AB} ile makine koordinatlarına göre bulunan S_{AB} yi birbirine eşit yapalım. Diğer bir deyimle; haritadaki AB doğrusu ile makinenin verdiği AB doğrusunu çakıştıralım bu durumda, teorik olarak haritadaki BC ve AC doğrularının, makinenin verdiği BC ve AC doğruları ile çakışması gerekir. Uygulamada ise bu çakışma hiç bir zaman olmaz, daima arada bir fark bulunur. Karşılaştırılan nokta sayısı 3 den fazla olunca, çakıştırılacak kenar sayısı da çoğalır. Hangi kenarların çakıştırılmasının gerektiği, diğer bir deyimle; hangi kenarların çakıştırılması halinde toplam hatanın en küçük olacağı konusu çok önemli ve büyük bir problemdir. Bu problemin çözümlenmesi için bir çok teoriler geliştirilmiştir. Bu teorilerin en çok tutulanlarından biri Helmert dönüşümü diğeri de Afin dönüşümüdür.

Helmert dönüşümünde

$$X' = a_0 + a_1 X - b_1 Y$$

$$Y' = b_0 + b_1 X + a_1 Y$$

formülü kullanılmaktadır. Afin dönüşümünde de buna çok benzeyen başka bir formül kullanılmaktadır. Buradaki X ve Y değerleri, bir sistemdeki, örneğin haritadaki X' ve Y' değerleri de, aynı noktaların, diğeri bir sistemdeki, örneğin; koordinatograf aletindeki koordinatlarıdır.

Teorik düşünceye göre 3 tane noktanın haritadaki ve makinedeki koordinatlarından yararlanılarak, yukarıdaki formüllerin katsayıları bulunabilir. Fakat, başka 3 noktadan yararlanılarak aynı katsayılar hesaplanacak olsa, aynı değerler bulunmaz, biraz farklı başka değerler bulunur. Koordinatları ölçülen bütün noktalara uygulanabilen ve toplam hatası en küçük olan kat sayıların bulunması gerekir. Bulunabilen kat sayılar daima belirli bir orta hata ile yüklü olmaktadır.

Haritaların üzerindeki noktaların koordinatlarını ölçen koordinatograf isimli aletler geliştirildiği gibi, stereoskopik görüntüler üzerindeki noktaların koordinatlarını

ölçen özel aletler de geliştirilmiştir. Uzaydan çekilen fotoğraflarla stereoskopik görüntü elde edilemediğinden, uzay fotoğraflarındaki noktaların koordinatları tek fotoğraf üzerinde, koordinatoğraf tipindeki aletlerle yapılmaktadır. Teknik üniversite-deki çalışmada Wild B85 Aviograph isimli alet kullanılmış ve noktaların koordinatları çok duyarlı bir şekilde ölçülmüştür. Koordinatoğraflar genellikle 0,1 mm duyarlığında ölçmeler yaptığı halde adı geçen alet mikronlara inebilmektedir.

Uzay fotoğraflarındaki noktaların koordinatları 10 ar defa ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Bu ölçülere göre ortalama apsis hatası $\pm 84,1$ mikron, ordinat hatası da $\pm 79,0$ mikron olmuştur.

Uzay fotoğrafları üzerindeki noktaların, bu şekilde bulunan koordinatlarıyla, 1/25 000 ölçekli haritada bulunan karşıt noktaların koordinatlarını birbirleriyle kıyaslamak için hem Helmert dönüşüm yönteminden, hem de Afin dönüşüm yönteminden yararlanılmıştır.

S O N U Ç

İstanbul Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünde yapılan ve özellikleri çok kısa olarak yukarıda açıklanan araştırmaya göre; Landsat uydusunun çektiği fotoğraflar, Ülkemizdeki 1/25 000 ölçekli haritalar yerine kullanılabilir. Diğer bir deyimle; *1/25 000 ölçekli haritalarımızın sağladığı duyarlık (İncelik) Landsat uydusunun çektiği fotoğraflarla da sağlanabilir.* Bu fotoğrafların, 1/25 000 ölçekli haritalarımıza üstün olan 2 özellikleri bulunmaktadır.

1 — Fotoğraflarda, ayrıntılara ait çok bilgi bulunmaktadır. Haritalarımız bu bilgilerin pek az bir kısmını vermektedir.

2 — Fotoğraflar 18 günde bir çekilmektedir. 1/25 000 ölçekli haritalarımız ise 10 yılda bir yenilenmektedir. Bu nedenle ormanda kullanacağımız harita 10 yıl öncesine ait olabilir. Bazı işlerimizde 10 yıldan daha eski yıllara ait haritaların kullanıldığına tanık olmaktayız. 10 yılını dolduran haritaların Harita Genel Komutanlığına gönderilerek yenilerinin alınması gerekir.

Landsat uydusundan çekilen fotoğrafların, 1/25 000 ölçekli haritalarımıza olan bu üstünlüğüne karşılık, haritalarımızın da bir üstün yönleri bulunmaktadır. Haritalardaki eşyükselti eğrileri (Tesiye münhanileri) bulunması nedeniyle, noktaların denizden yükseklikleri bulunabilmektedir. Landsat uydusunun çektiği fotoğraflar, 1/25 000 ölçekli planimetrik harita özelliğindedirler, Topoğrafik harita özelliğinde değildirler.

Landsat uydusunun çektiği fotoğrafları Amerikalılar ücret karşılığında bütün ülkelere satmaktadırlar. *Orman Genel Müdürlüğümüzün hiç olmazsa senede bir defa bu fotoğrafları satın almasının ve ilgililere dağıtmasının yararlı olacağı kanısındayız.* Kadastro, amenaajman, yol yapımı gibi teknik işlerde ve hatta Bölge Şefliklerimizde 1/25 000 ölçekli haritalarla birlikte, Landsat uydusunun fotoğrafları da bulunmalı, arkadaşlarımız her ikisinden de yararlanmalıdırlar.

1/25 000 den daha büyük örneğin 1/10 000 veya 1/5 000 ölçekli haritadan elde edilen bilgilerin, Landsat uydusunun çektiği fotoğraflardan elde edilebileceğini düşünmek doğru değildir. İstanbul Teknik Üniversitesinde yapılan çalışma bunun olama-

yacağını kanıtlamıştır. Bazı gazete haberlerine göre, uydulardan çekilen fotoğraflardan yararlanılarak, parklarda gazete okuyan insanların, gazetelerinde neler yazılı olduğunun saptanabildiği yazılıdır. Elimizdeki bilimsel yayınlara ve İstanbul Teknik Üniversitesindeki araştırmaya göre buna olanak yoktur. Landsat uydusunun çektiği fotoğraflar, hangi aletle incelenirse incelenir, arazideki boyutları 70 m. den küçük olan objeler görülememektedir. Fransız Noktaları Yöntemi ile saptanabilen en küçük boyut 15 m. dir. Bu yöntem henüz deneme devresindedir. Geniş çapta uygulanmasına geçilmemiştir. Boyu 70 m. den daha küçük objeleri inceleyebilmek için, uydu fotoğraflarından yararlanmamak, uçaklardan çekilen büyük ölçekli fotoğraflardan yararlanmak zorunluğu vardır.

Sonuç olarak; kolaylıkla elde edilebilen Landsat uydusunun fotoğrafları, bir sene aralıkla devamlı getirilmeli ve ormancılık çalışmalarımızda kullanılmalıdır. Bu kullanmada da fotoğrafların verebileceğinden daha fazlası fotoğraflardan istenmemeli ve beklenmemelidir.