

Yersel LİDAR sisteminin aktif tektonik çalışmalarda kullanımı

Hasan ELMACI¹ ve Devrim ERŞEN¹

1. Giriş

İngilizce light (ışık) ve radar (radio detecting and ranging / radyo dalgaları yoluyla tespit ve ölçüm) kelimelerinin birleşimi ile elde edilmiş kaynaşım bir sözcüktür. Keza literatürde *light detection and ranging* veya *laser imaging detection and ranging* olarak da geçmektedir. Klasik radardan farklı olarak hedefe radyo dalgaları yerine lazer ışınları gönderilerek ölçüm yapılmaktadır. Ölçülecek nesne, yüzey, yapı veya hedefe gönderilen lazer darbesinin gönderilişi ve tekrar lidara dönüşü arasındaki fark ile uzaklık ve aynı zamanda yoğunluk bilgisini kaydederek yüksek hassasiyette ölçümler yapılmaktadır.

2. LİDAR Sistemleri

1990'lı yıllardan itibaren kullanılmakta olan lidar, özellikle son yıllarda bilimsel araştırmaların hemen her alanında ve tüm arazi çalışmalarında çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Temel olarak *Hava Lidar*, *Yersel Lidar* ve *Mobil Lidar* gibi üç alt sistemden bahsedilebilir (Şekil 1).

MTA Jeoloji Etütleri Dairesi bünyesinde yürütülen paleosismoloji çalışmalarında 2013 yılından beri yersel lidar kullanılmaktadır. Aletsel yöntemler ile yapılan ölçümlerde koordinat sayısının az olması

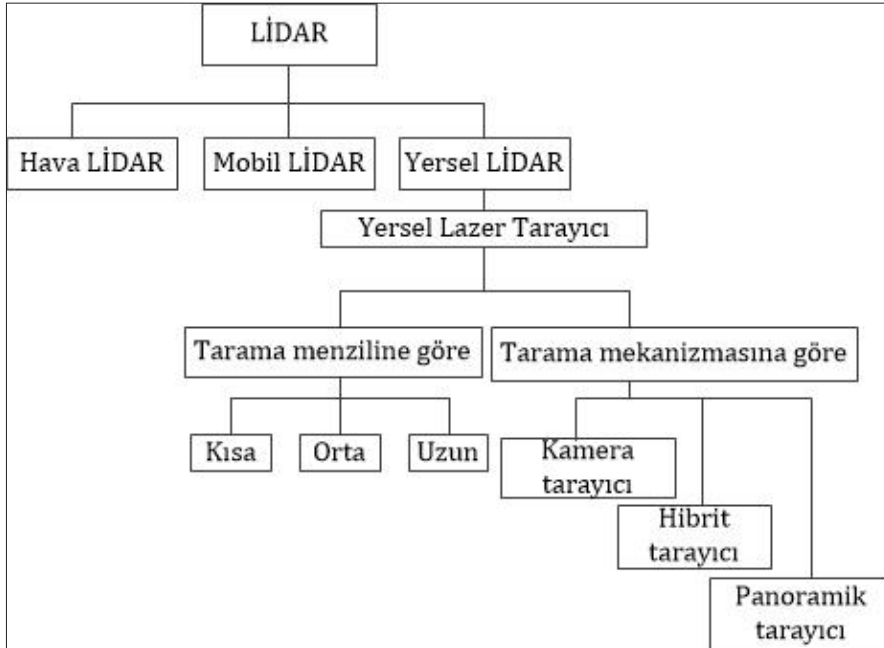
ölçülen hedefin gerçekliğinin yeterince temsil edilememesine neden olmaktadır. Lazer tarayıcılar ise objeye temas etmeden milimetre hassasiyetinde milyonlarca ölçüm noktası ile ölçüm almakta ve aynı zamanda insan kaynaklı hata ihtimalini de ortadan kaldırmaktadır.

Lazer tarayıcılar, ilgilenilen alanı çok yüksek bir frekansla ölçen küresel ölçüm sistemleridir. Her bir nokta için tarayıcıdan çıkış ve dönüş sinyalleri ile eğik mesafe ve iki farklı dikey ve yatay açı hesaplanmaktadır (Şekil 2).

Farklı lidar sistemleri (Çizelge 1) ölçme hassasiyeti, ölçme mesafesi, hızı, çalışma sıcaklığı, ağırlık ve batarya ömrü gibi özellikleri bakımından kullanıcının ihtiyacına ve koşullarına göre birbirinden farklı özellikler sunmaktadır (Karabacak vd., 2013).

2.1. Paleosismoloji Çalışmalarında Yersel LİDAR Sisteminin Kullanımı

MTA bünyesinde aktif tektonik çalışmalarında kullanılan yersel lidar sistemi (Optech İiris 3d), tarama ünitesi, el bilgisayarı, batarya, tripod ve yatay-dikey ölçümleme aparatı olan pantiltten oluşmaktadır. Ayrıca verilerin toplandığı harici bellek ve işlendiği bilgisayar, lidar sisteminin tamamlayıcı unsurlarıdır (Şekil 3).



Şekil 1- Lidar sistemleri sınıflandırması (Çelik vd., 2020).

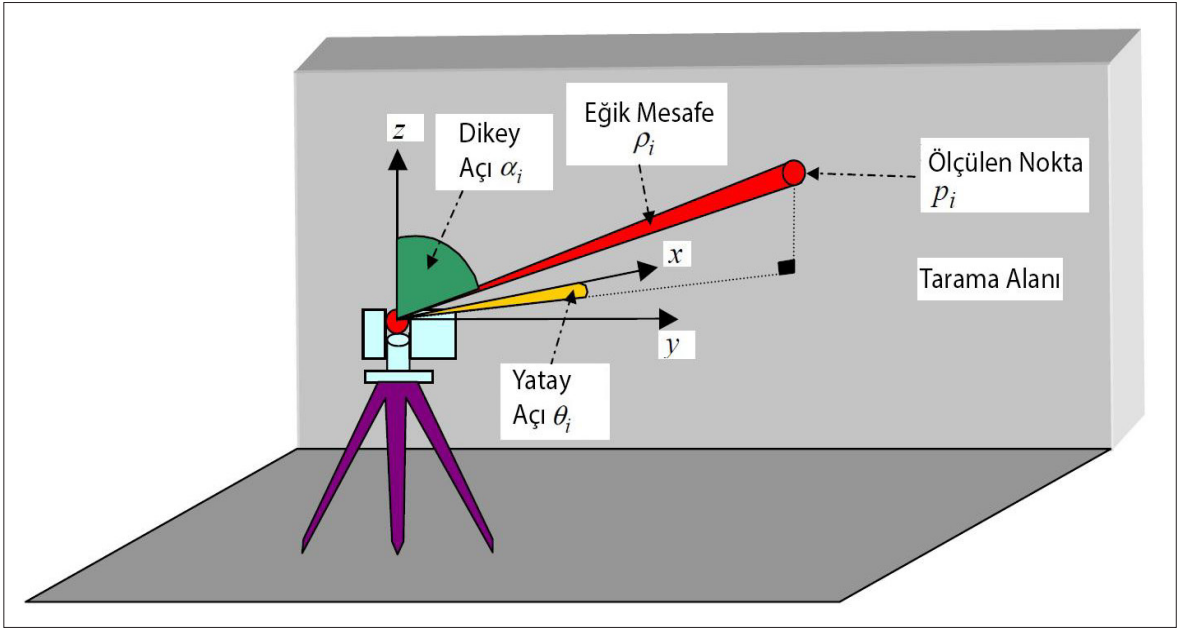
¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara

Çizelge 1- Lidar sistemlerinin karşılaştırılması (Karabacak vd., 2013).

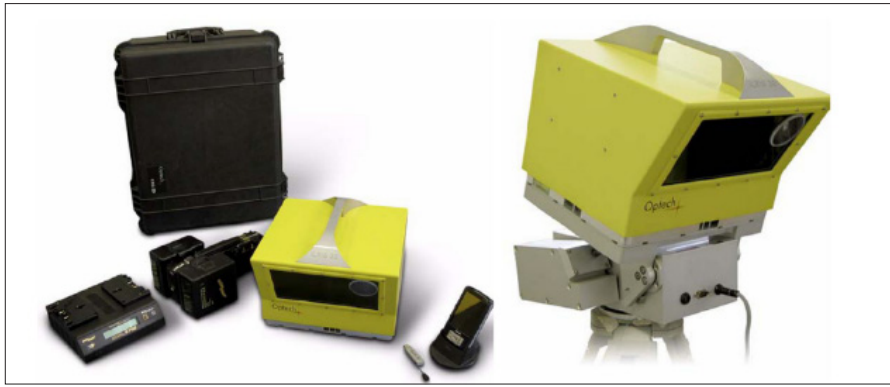
	Optech (ILRIS 3D)	Reigl (VZ-6000)	Z+F (50 C)	Faro (LS-880)	Leica (HDS8800)	Tirmble (FX3Ds- canner)	Topcon (GLS1500)
Ölçme uzunluğu	3 m 1500 m % 80 yansıtıcı yüzeyde, 3 m 800 m % 20 yansıtıcı yüzeyde, 3 m 350 m % 4 yansıtıcı yüzeyde	5 m (minimum)	187.3 m	0.6-76 m	2.5 m -2000 m (1400 m % 80 yansıtıcı yüzeyde, 500 m % 10 yansıtıcı yüzeyde	1 pass > 60 m 2 pass > 80 m (% 50 yansıtıcı yüzey)	330 m % 90 yansıtıcı yüzeyde, 150 m % 18 yansıtıcı yüzeyde
Veri Ölçme Hızı (Nokta/ sn Piksel/sn Zaman)	2.5(H) nokta/sn	100° - 14.400° sn (dikey tarama) (20 rotasyon/sn) (0°-60° /sn yatay tarama)	1.016 milyon piksel/sn (Maksimum)	120.000 piksel/sn	8.800 nokta/sn	216.000 /sn	30.000 nokta/sn
Doğruluk	100 m'de 7 mm (1 sigma)	15 mm	≤ 1 mm (yatay hata)	20 m'de ± 3mm	200 m'de 10mm 1000 'de 20mm	11 'de 0.4 mm 21 'de 0.8 mm 50 m'de 2 mm	150 m'de 4 mm
Laser Sınıfı (IEC600825- 1)	1. Sınıf	3B	1. Sınıf	3R	1. Sınıf	3R	1. Sınıf
Ağırlık ve Boyut	13 kg, 320x320x220 mm (Tarayıcı Kısım) 10 kg, 300x280x127 mm (Sabit Kısım)	14.5 kg, 236x226x450 mm	9.8 kg, 170x286x395 mm 1.2 kg, 170x88x61 mm (Pil) 0.54 kg, 35x67x167 mm (AC Adaptör)	14.5 kg, 400x160x20 mm	14.00 kg, 445x246x378 mm (Bataryasız)	11.00 kg, 425x164x237 mm	16.00 kg, 240x240x566 mm
Güç Desteği ve Tüketim	24 VCD, 75 W	11-32 VCD, 75 W (Maksimum 90 W)	≤ 65 W (Ortalama)	24 VCD ~ 60 W	-	DC 19-24V, 3.5 A, AC 110-220V	≤ 25 W
Batarya Ömrü	5 Saat (Standart batarya)	-	> 3 Saat	-	3 Saat (Taşınabilir batarya)	-	4 Saat
Çalışma Sıcaklığı	0° / 40° C (Aktif) -20° / 50° C (Depo)	0° / 40° C (Aktif) 10° / 50° C (Depo)	10° / +45° C (Aktif) -20° / +50° C (Depo)	5° / 40° C	0° / 50° C (Aktif) (-20° C için 30 dakika, -40° C için 10 dakika açıkta bırakılabilir)	5° / 45° C	0° / +40° C (Aktif) -10° / +60° C (Depo)
Veri Kaydı	Bütünleşik, taşınabilir hafıza kartı	Bütünleşik (80 GB) taşınabilir	Bütünleşik (64 GB) taşınabilir	Bütünleşik, taşınabilir hafıza kartı	Taşınabilir	Bütünleşik, taşınabilir hafıza kartı	Bütünleşik, taşınabilir hafıza kartı

Tarama ünitesi, taranacak araziye 50 m-2000 m aralığında kurulduktan ve güç kaynağına bağlandıktan sonra çalıştırılır ve el bilgisayarı yardımıyla gerekli ayarlamalar yapılır. Taranacak öge 40°'den daha alçak veya yüksek bir alanda ise (*tilt*) veya yatay düzlemde geniş bir alanı kapsıyorsa (*pan*) tarama ünitesine pantilt takılarak kullanılır. Atılan binlerce noktanın

oluşturduğu büyük miktarda veri, üniteye takılmış harici bellekte toplanır ve daha sonra bilgisayarda istenilen amaca yönelik programlarda değerlendirilir. Aktif tektonik çalışmalarında verilerin işlenmesinde envilidar, polyworks, global mapper ve surfer programları kullanılmaktadır.



Şekil 2- Lazer tarayıcı sistemi ile kutupsal ölçüm sistemi (Tosun, 2019).



Şekil 3- Aktif tektonik çalışmalarında kullanılan yersel lidar sistemi.

Yersel lidar sistemi günümüzde birçok inşaat mühendisliği uygulamalarında, tarihi ve kültürel mirasın korunmasında, arkeoloji, restorasyon, maden işleme ve bulma, bakı analizleri, su kalitesi analizi, bina rölöve alımları, çevre düzenleme, olay yeri inceleme ve hasar tespit, açık maden ölçmeleri, heyelan tespiti, sinema endüstrisi, şantiye gözlemleri, enerji hatları, otomasyon ve robotik, kesit, hacim ve alan hesaplamaları, kalite kontrolü gibi çalışma alanlarında kullanılmaktadır (Karabacak vd., 2013).

Yersel lidar sisteminin deformasyon analizindeki hassas veri sağlama özelliği, yüzey topoğrafyasının çok detaylı ölçümünün yapılması gereken durumlarda yer bilimleri disiplinlerinde giderek daha yaygın şekilde kullanılmasının önünü açmıştır. Örneğin, diri fay çalışmalarında morfolojide gözlenen küçük detaylar bile fayın son dönem aktivitesine ait önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle, yapılan fizyografik ölçümlerin hassasiyeti ve doğruluğu

oldukça önem taşımaktadır. Ancak bilinen ölçüm tekniklerinin tümünde ölçümü yapan kişinin dikkat derecesi, kullanılan cihaz veya görüntünün hassasiyeti ayrıntıyı etkilemekte ve hata oranını arttırmaktadır. Bu nedenle, fizyografik özelliklerin daha yüksek hassasiyette ve istenilen yoğunlukta belirlenmesi amacıyla yersel lidar sistemi son zamanlarda ülkemizin önemli diri fayları üzerinde, faylanmaya ilişkin yüzey özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Altınok, 2016).

Lidarın MTA bünyesinde aktif tektonik çalışmalarına sağladığı başlıca katkılar aşağıda verilmiştir:

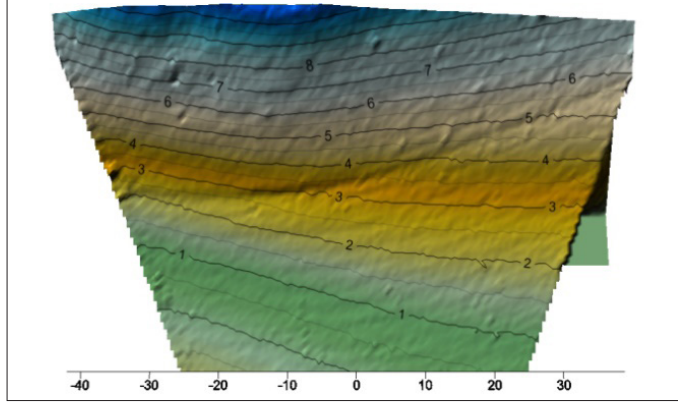
- Aktif tektonik çalışmalarında doğrultu atımlı faylarda görülen yanıl yer değiştirme (off-set) ve normal faylarda gelişen düşey atım, lidar sayesinde mm hassasiyetinde ölçülebilmektedir.

- Fayların kestiği derelerdeki yanal ya da düşey ötelenmeleri mm boyutlarında ölçerek, fayın yıllık kayma hızına yönelik hassas yorumlar yapılabilmektedir.
- Yıllık kayma hızı düşük olan kıta içi faylarda, insan kaynaklı veya doğal nedenlerle oluşan aşınma ve erozyon süreçlerinden dolayı fay diklikleri kaybolabilmektedir. Arazi çalışmalarında uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenemeyen topoğrafyadaki deformasyonlar ve çizgisellikler bu yöntemle

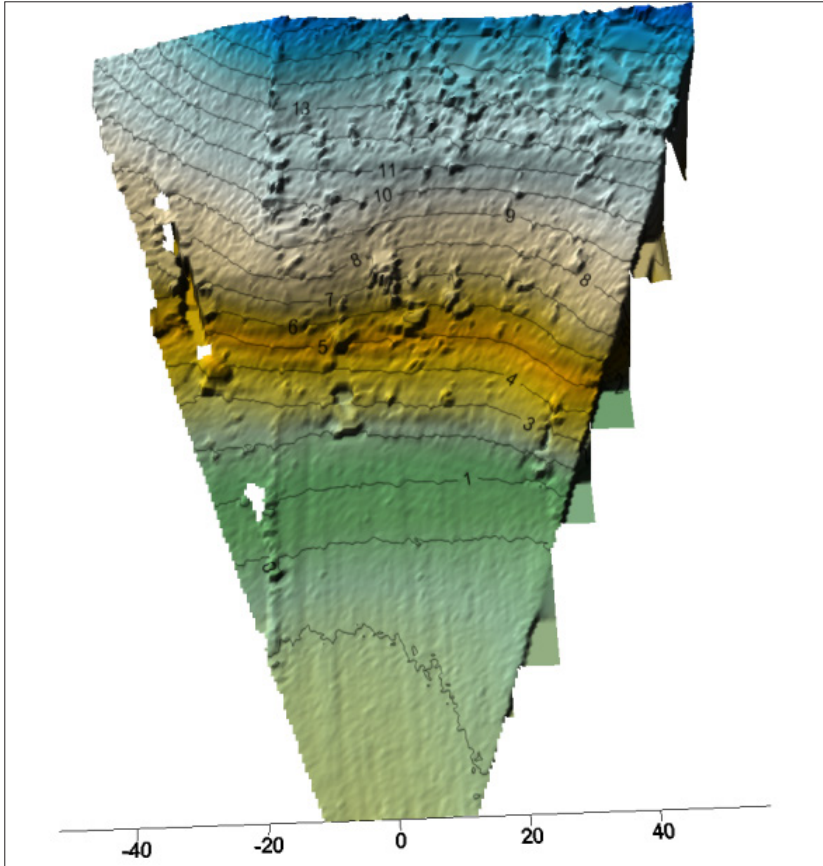
mm hassasiyetinde tespit edilebilmekte ve diri fayların haritalandırılması sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir.

- Paleosismoloji çalışmalarında kazı yeri seçiminde topoğrafyadaki anomaliler mm hassasiyete belirlenmektedir. Bu sebeple hem maliyet hem de zamandan tasarruf sağlanmaktadır.

Proje kapsamında 2020 yılında LİDAR ile yapılmış topoğrafik ölçümlerden elde edilmiş haritaların görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4, 5).



Şekil 4- Bolvadin Fayı Dipevler mevkii.



Şekil 5- Kalıçayı Fayı Karacaören mevkii.

Değinen Belgeler

Altınok, S. 2016. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nuda Gerede Bayramören Arasında Meydana Gelen Krip Hareketinin Yersel LİDAR ile İzlenmesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 2016.

Çelik, M.Ö., Hamal, S.N.G., Yakar, İ. 2020. Yersel Lazer Tarama (YLT) Yönteminin Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Kullanımı: Alman Çeşmesi. Türkiye Lidar Dergisi 2,15-22.

Karabacak, V., Altınok, S., Tunçel, E. 2013. Diri fay ve deprensellik çalışmalarında Yersel LIDAR Uygulamaları. Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP), Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Projesi (TÜRPA) Eskişehir.

Tosun, Y. 2019. Tarihi Yapıların Dokümantasyonunda Lazer Ve Görüntü Tabanlı Nokta Bulutlarının Birlikte Kullanılması, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon.