

# LİDAR VERİLERİ KULLANILARAK GÖL SINIRLARININ OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ

S. Canaz<sup>a</sup>, F. Karslı<sup>a</sup>, A. Guneroglu<sup>b</sup>, M. Dihkan<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Harita Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Trabzon,  
{sibelcanaz@gmail.com, fkarsli@ktu.edu.tr, mdihkan@ktu.edu.tr}

<sup>b</sup>Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği, Deniz Bilimleri Fakültesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61530, Trabzon,  
{guneroglu@hotmail.com}

**ANAHTAR KELİMELER:** LiDAR, Göl Sınırı, RANSAC, Uzaktan Algılama

## ÖZET:

Günümüzde küresel ısınma sonucu meydana gelen kuraklık etkisi göllerde su seviyelerini önemli oranlarda etkileyebilmektedir. Bu yüzden karasal ekosistem üzerinde çok önemli bir yere sahip olan göllerde meydana gelen zamana bağlı değişimler sürekli olarak izlenmeli ve değişimler tespit edilerek gerekli önlemler alınmalıdır. Göllerdeki morfolojik değişimler çoğunlukla Uzaktan Algılama (UA) teknolojileri yardımıyla optik görüntüler kullanılarak tespit edilmektedir. Fakat çeşitli atmosferik etkiler sebebiyle (bulutluluk, sis, hava kirliliği, vb.) istenilen periyotlarda uygun optik görüntü elde edilmesi çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Son yıllarda, optik uydu görüntülerine ilişkin bu handikabın önüne geçebilmek amacıyla Light Detection And Ranging (LiDAR) gibi alternatif teknolojiler kullanılmaktadır. Çeşitli hava araçları üzerine monte edilmiş LiDAR sensörler kullanılarak istenilen zamanda istenilen bölgeye ilişkin doğrudan ve hızlı 3B veri toplanabilmektedir. Bu çalışmada, LiDAR teknolojisi yardımıyla göl sınırlarının otomatik olarak belirlenmesi için iki farklı algoritma geliştirilmiştir. Su yüzeyi genellikle düzlemsel olduğundan, ilk adım olarak, su yüzeyi LiDAR verisinden RANdom Sample Consensus (RANSAC) algoritması kullanılarak çıkarılmıştır. İkinci adımda, göl sınırının tespiti amacıyla yeni geliştirilen iki algoritma kullanılmıştır. Birinci algoritma nokta bulutundan açı hesaplanmasına dayanmaktadır ve "Angle of Points (AOP)" olarak adlandırılmaktadır. "LiDAR to Image (LTI)" adlı ikinci algoritma ise, nokta bulutunun ikili görüntülere dönüşümü ile sınır tespitini yapmaktadır. Göl sınırının çıkarılması için önerilen iki algoritma, iki farklı göl LiDAR verisi ile test edilmiştir. Önerilen algoritmalar ile otomatik olarak çıkarılan göl sınırları, yüksek konumsal çözünürlüklü hava fotoğraflarının üzerine aktarılarak karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak her iki algoritmanın göl sınırları çıkarmada yeterli düzeyde doğruluk sağladığı fakat LTI algoritmasının kompleks geometriye sahip göl alanlarında AOP algoritmasından daha iyi performans verdiği tespit edilmiştir.

**KEY WORDS:** Lidar, Boundry of lakes, RANSAC, Remote Sensing

## ABSTRACT:

Nowadays, drought due to global warming might affect water level of many lakes significantly. Thus, temporal changes on lakes which have vital importance in terrestrial ecosystem need to be monitored, and any precaution can be taken if it is necessary. Morphological changes of lakes can be conveniently determined using satellite images. However, it might be hard to get a proper optical image of an interested area all the time because of the atmospheric and weather conditions (fog, clouds or haze etc.). To overcome with the problem associated with optical images, an alternative technology; Light Detection and Ranging (LiDAR) can be used instead of images. LiDAR sensors, which are mounted on an aircraft, can collect direct and fast 3D data of an interested area. In this study, two algorithms are proposed for extracting boundary of lakes using LiDAR data. Since the water bodies are generally planar, as a first step, point cloud of the water surface was extracted using RANdom Sample Consensus (RANSAC) algorithm from LiDAR data. For the second step, two algorithms were proposed and performed for delineating of inland water surface boundary. The first algorithm is the "Angles of Points (AOP)" which is mainly based angle properties of point cloud. The second algorithm is the "LiDAR to Image (LTI)" and it basically involves conversion of point clouds to binary images for extraction of boundary of water bodies. The two proposed algorithms for boundary extraction of lakes were tested on two different lakes from a LiDAR data set. Finally, the results are compared each other as well as with manually extracted boundaries of the inland water areas from aerial images from different years. The experimental results showed that both algorithms are capable to extract the boundaries of water bodies; however, the LTI algorithm performed better than the AOP algorithm for inland water areas with complex shapes.

## 1. Giriş

Göllerin karasal ekosistem üzerinde çok önemli etkisi bulunmaktadır. Göller, sulama, tatlı su kaynağı, akuatik yaşam alanı oluşturma vb. gibi faaliyetler açısından çok önemlidir. Günümüzde ise küresel ısınmadan dolayı birçok su kaynağı gibi, göller de kurumaya başlamıştır. Ekosistemin düzenli bir şekilde devamı için göllerin yüzey alanındaki değişimlerini gözlemek, buna bağlı önlemler almak gerekir. Bu sebeple göllerin zamanla değişimini izlemek şarttır. Göllerin alanını ve alan sınırlarını belirleyerek zamanla değişimini inceleyen literatürde birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda genelde

uydu fotoğraflarından yararlanılarak göllerin alanları tespit edilmiştir. Örneğin, Nassar Gölündeki değişim 3 farklı yıldaki Landsat verileri üzerinden sınıflandırma yöntemi kullanılmasıyla, göl alanı çıkarılmış ve zamana bağlı değişimi gözlenmiştir (Mostafa ve Soussa, 2006). Başka bir çalışmada ise, göllerin şekli kontrolsüz sınıflandırma yöntemi kullanarak çok bantlı uydu verilerinde gözlenmiştir. Stefouli vd. (2011). alan bazlı kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile küçük göl ve göletler aynı sezon fakat farklı yıllarda toplanmış uydu fotoğraflarından gözlenmiştir (Maillard vd., 2011). Göllerin alanları sınıflandırma yöntemi dışında uydu fotoğraflarından da değişik indeksler hesaplanarak çıkarılabilir. Örneğin, Rokni vd.,

(2014) Normalized Difference Water Index (NDWI) ve Principal Component Analysis (PCA) tekniklerinin integrasyonu ile su alanlarında meydana gelen değişimleri multi spektral uydu görüntülerden incelemiştir. Zhu vd. (2014) ise NDWI indeksini modife ederek (mNDWI) su olan alanlarını yine farklı yıllarda toplanmış uydu görüntülerinden çıkartarak gözlemlerde bulunmuştur.

Literatürde uydu görüntüleri, göl alan ve sınırlarının tespiti için çokça kullanılmasına karşın, bu görüntülerin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin, bazen uydu fotoğraflarını elde etmek çok pahalı olabilir. Dahası, çalışılan alanla ilgili istenilen tarihte veri bulunsa dahi, bu veriler sis veya bulut tarafından kaplanmış olabilir. Bu sorunları aşmak için uçak üzerine monte edilen kameralar ile hava fotoğrafları toplanabilir. Fakat hava fotoğrafları kameralar pasif sensör olduğu için ancak gün ışığında yalnız gündüz vakti elde edilebilmektedir. Bunların yanında, Synthetic-Aperture Radar (SAR) bir diğer alternatif veri kaynağıdır. SAR her türlü hava durumunda uydudan ve/veya uçak ile toplanabilmektedir.

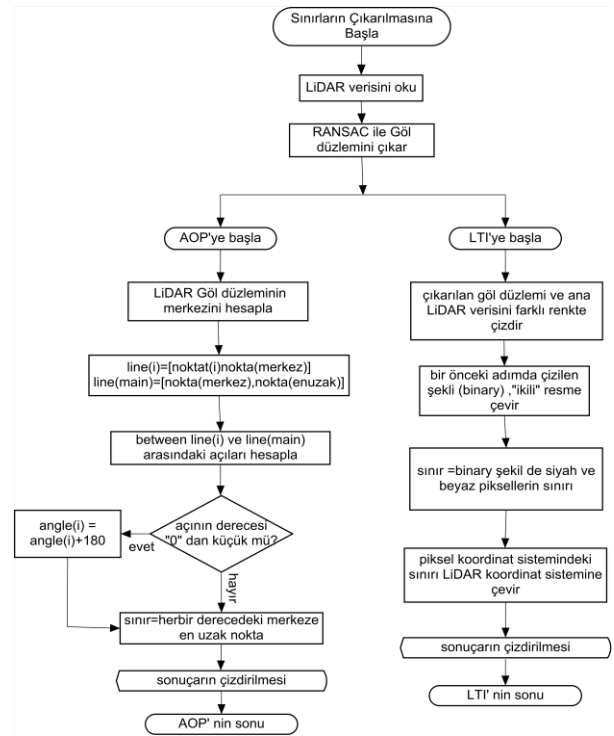
SAR, hava ve uydu fotoğraflarına oranla yeni bir teknoloji olan, Light Detection and Ranging (LiDAR) ise başka bir alternatif veri kaynağıdır. LiDAR'ın en önemli özelliği 3 Boyutlu (3B) veriyi hızlıca ve direk olarak toplamasıdır. LiDAR genellikle, bir hava aracına monte edilerek ve Global Positioning System (GPS) ile Inertial Navigation System (INS) sistemleri ile entegre çalışarak veri toplar. Temel olarak, ışın demeti verici tarafından gönderilmesi ve alıcıya geri dönen ışınların toplanması ile 3B veriyi toplar ve oluşturur. Mesafe ise sinyalin gidiş ve dönüş zamanları kullanılarak hesaplanır. 3B hızlı ve direk veri toplaması LiDAR'ın en büyük avantajıdır. Ayrıca LiDAR aktif sensör olduğu için gece gündüz veri toplanabilmektedir. LiDAR sistemlerinin veriyi 3B hızlı ve direk olarak toplamasına karşın, fotoğraflardan 3B veri elde etmek ancak yüksek oranlarda üst üste binen fotoğraflardan eşdeğer özellikler bulunarak elde edilebilir. (Canaz ve Habib, 2013). Fotoğraflardan 3B veri elde edilme işlemi ise genellikle çok zaman alır ve çok güvenilir sonuçlar veremeyebilir. Bu yüzden, göllerin 3B olarak sınırlarının çıkarılması için uzaktan algılama teknikleri ile toplanan fotoğraflara göre, LiDAR önemli bir teknolojidir. Literatürde, LiDAR ile karasal su alanlarının çıkarılması ile ilgili kısıtlı çalışmalar mevcuttur. Bunlardan biri, Schmitdh vd., (2012) tarafından yapılmıştır. Yazarlar, LiDAR verisini su, çamur, kar alanı olarak sınıflandırmıştır; böylece su alanları LiDAR verisinden çıkarılmıştır. Höfle vd., (2009) ise LiDAR verisinin ve radyometrik bilgilerini kullanarak su alanlarını alan büyüme segmentasyon algoritması ile çıkarmıştır. Bu çalışmada, LiDAR teknolojisinin direk 3B veri toplama özelliğinden dolayı, LiDAR verileri kaynak veri olarak seçilmiştir. Göl alan sınırının çıkartılması için 2 yeni algoritma önerilmiş ve geliştirilmiş. Bu algoritmalar, Angle of Points (AOP) ve LiDAR to Image (LTI) olarak adlandırılmıştır. Önerilen algoritmalar iki farklı göl LiDAR verisi üzerinde test edilmiştir.

## 2. Metodoloji

LiDAR verilerinden göl çıkarımı için geliştirilen 2 algoritma Şekil 1'deki akış şemasında gösterilmektedir. Şekil 1'de görüldüğü üzere bu algoritmalara başlamadan önce ilk adım, göl alanlarının RANdom Sample Consensus (RANSAC) algoritması (Fischler ve Bolles 1981) ile ana LiDAR verisinden çıkarılmasıdır. Göl alanları genel olarak düzlemsel özelliğe sahip olduğu için RANSAC ile bu alanlar rahatça bütün verinin içerisinde çıkarılabilir. 3B LiDAR verisi X,Y ve Z kartezyen

noktalardır. Düzlem üzerindeki her bir nokta, düzlem parametreleri kullanılarak, o düzlem üzerinde olup olmadığı hesaplanır. Basitçe, RANSAC, veri içerisindeki en iyi düzlemi arar. Gerekli nokta sayısı seçilerek, algoritma bir düzlem oluşturur ve bir sonraki düzlem ile karşılaştırır. Bu işlem en çok noktayı barındıran düzlemi bulana kadar devam eder. Bu çalışmada Peter Kovesi (Kovesi, 2013) tarafından yazılan klasik RANSAC algoritma kodu göl düzlemlerini çıkarmak için kullanılmıştır.

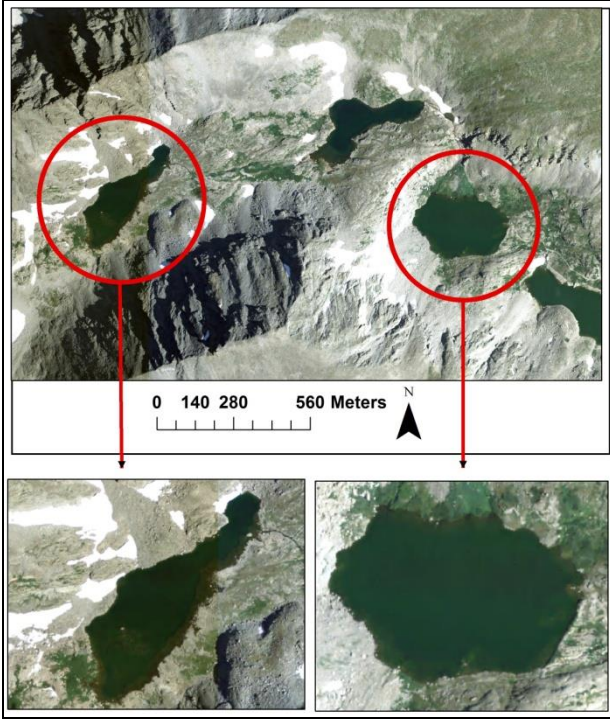
Daha sonra, göl alanlarının sınırları AOP ve LTI olarak adlandırılan algoritmalar ile çıkarılmaktadır. Bu algoritmalar ilerleyen alt başlıklarda detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 1. Önerilen algoritmanın akış şeması

## 2.1 Veri ve Çalışma Alanı

Çalışmada Niwot Ridge Long-Term Ecological Research Sitesi tarafından toplanan ve National Science Foundation funded Open Topography Facility web sitesinde yayınlanan LiDAR verisi kullanılmıştır (NCALM, 2005). Bu verideki 2 göl önerilen algoritmaları test etmek için seçilmiştir. LiDAR veri seti Colorado Eyaletinde bulunmaktadır ve North American Datum 1983 (NAD83) ile Universal Transversal Mercator (UTM) zone 13 N'ta bulunmaktadır. Yükseklik koordinatı ise North American Vertical Datum of 1988 (NAVD88)'dir. Veri 29 Eylül 2005 yılında toplanmıştır. Verinin nokta yoğunluğu 2.35 nokta/m<sup>2</sup>. İlk Göl Green Lake 3 isminde olup ikinci gölün bilinen özel bir ismi olmadığı için Lake no name olarak bu çalışmada adlandırılmıştır. Çalışma alanı Şekil 2'de gösterilmiştir. Göllerin gösterildiği fotoğraflar U.S. Geological Survey (USGS) sitesinden elde edilmiştir (USDA, 2011).



Şekil 2. Çalışma alanı; a) Lake no name gölü, b) Green Lake 3 gölü

Son olarak, LiDAR ile elde edilen sınır sonuçları karşılaştırmak için Ağustos 2011 ve Eylül 2013 (USDA, 2013) yılında çekilen iki hava fotoğrafından yararlanılmıştır. Hava fotoğraflarının piksel boyutu 1 m'dir. Bu fotoğraflarda göllerin sınırları ArcGIS programı kullanılarak ekran üzerinden sayısallaştırma ile çıkarılmıştır. Bu çalışmada kullanılan LiDAR verisi Eylül 2005 tarihinde toplanmış, fakat bu tarihte çalışma alanının olduğu bölgeye ait herhangi bir hava fotoğrafı verisi bulunamamıştır. Bazı Landsat uydu görüntüleri o dönemde olmakla birlikte çözünürlüğü çok düşük (30 m) olduğu için sınırların hassas bir şekilde çıkarılması mümkün değildir, ayrıca o yıla ilişkin birçok Landsat görüntüleri bulutla kaplıdır. Bunun yanı sıra kullanılan 2 hava fotoğrafı LiDAR verisi ile aynı yıl da olmasa da aynı sezon Ağustos ve Eylül aylarında çekilmiştir.

## 2.2. Angle of Points (AOP) Sınır Çıkartma Algoritması

RANSAC ile gölün alanı ana veriden çıkarıldıktan sonra, sınırların belirlenmesi için Angle of Points (AOP) algoritması önerilmiş ve geliştirilmiştir. Bu algoritma, göl şekillerinin basit geometrik şekle sahip olduğu varsayımına dayanır.

AOP algoritması ise ilk önce RANSAC ile çıkarılan gölün merkez noktasını hesaplayarak işleme başlamaktadır ( $point_{centroid}$ ). Daha sonra bu noktaya en uzak olan nokta hesaplanır ( $point_{farthest}$ ). Merkez ( $point_{centroid}$ ) ve en uzak nokta  $point_{farthest}$  arasında hayali doğru olduğu varsayılır ( $line_{main}$ ). Her bir nokta ( $point_i$ ) ile merkez ( $point_{centroid}$ ) noktası arasında

da bir çok hayali doğru olduğu varsayılır ( $line_i$ ). Sonrasında ise,  $line_{main}$  ve  $line_i$  arasındaki bütün açılar hesaplanır. Hesaplanan bütün açılar eğer negatif değere sahip ise pozitif değere çevrilerek 0-360 derece arasında bir aralığa atanır. Son olarak sınır her bir açıda ki merkeze en uzak nokta olarak atanır.

## 2.3. Lidar to Image (LTI) Sınır Çıkartma Algoritması

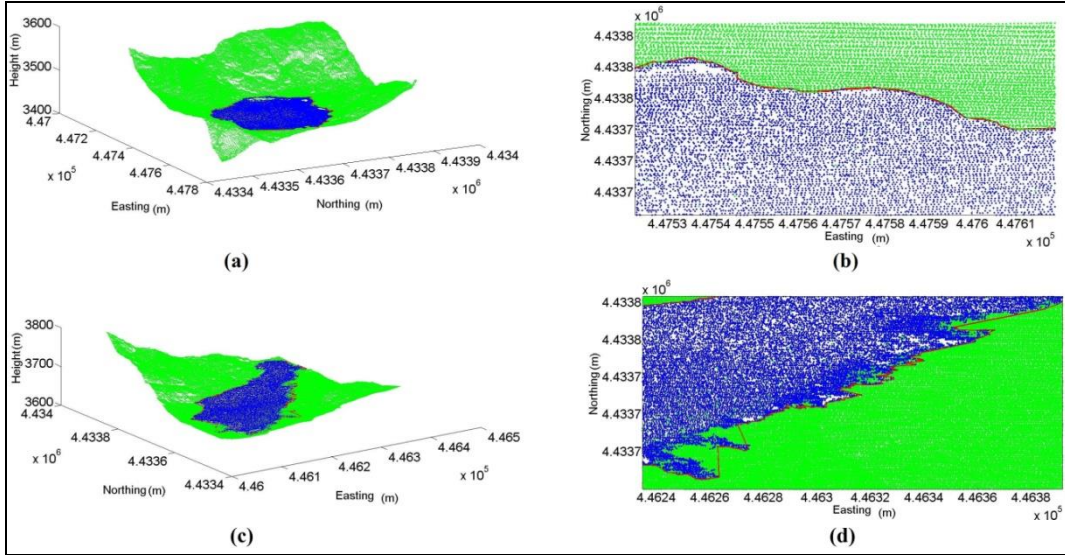
AOP algoritması kompleks şekilli göllerde tam olarak doğru sonuç vermediği gözlemlendiğinden, başka bir alternatif sınır çıkartma algoritma daha geliştirilme ihtiyacı duyulmuştur. LTI algoritması, RANSAC ile çıkarılan göl alanı ve geri kalan LiDAR verisinin farklı renklerde 2B olarak beraberce çizdirilmesiyle başlar. Daha sonra LTI algoritması, çizilen bu şekli binary (ikili/siyah ve beyaz) fotoğrafa çevirir. Son olarak, sınırlar siyah ve beyaz piksel arası olarak atanır. Bu algoritmanın sonuçları piksel koordinat sisteminde olduğu için son işlem olarak sınır noktaları dönüşüm metotları kullanılarak LiDAR koordinat sistemine dönüştürülür.

## 3. Bulgular ve Tartışma

AOP algoritması daha öncede belirttiği gibi, basit geometriye sahip göl alanlarında, daha iyi sonuçlar vermektedir. Green Lake 3 isimli göl şekli ise basit bir geometriye (yaklaşık bir daireye) sahip olduğu için, gölün sınır alanı AOP algoritması ile başarılı bir şekilde çıkartılmıştır. Şekil 3(a) Green Lake 3 gölünün 3B çıkarılan alan ve sınır sonuçlarını göstermektedir. Burada mavi alan RANSAC algoritması ile çıkarılan göl alanını, yeşil alan geri kalan LiDAR verisini, kırmızı çizgi ise AOP algoritması ile çıkarılan göl sınırını göstermektedir. Şekil 3 (b) ise sonucun yakın bir bölgesinin göstermektedir. Green Lake 3 için AOP algoritması başarılı olmuştur ve bu sınır değerleri ile hesaplanan alan 36722.5 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Diğer taraftan, Green Lake 3 Gölünün aksine lake no name şekli daha kompleks bir yapıya sahiptir. Daha önce belirtildiği gibi AOP basit şekilli alanların sınırlarını çıkarmada sorun yaşamazken, farklı şekilli alanlar için sınırları başarılı bir şekilde çıkaramamaktadır. Bu yüzden lake no name gölünde sınırlarda bazı bölgelerde hatalar görülmektedir. Bu alanlar özellikle göl şeklinin ani virajlı bölgelerinde oluşmuştur. Şekil 3 (c) Lake no name gölünün 3B'ta RANSAC ile çıkarılan alanı ve sınırını göstermektedir. Şekil 3 (d) ise gölün bir bölgesinin yakın halini göstermektedir. Şekil 3 (d) de görüldüğü üzere göl sınırının AOP algoritması ile çıkarımında bazı hatalar bulunmuştur. Son olarak AOP algoritmasının sınır sonuçları kullanılarak hesaplanan lake no name gölünün alanı 55165.3 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

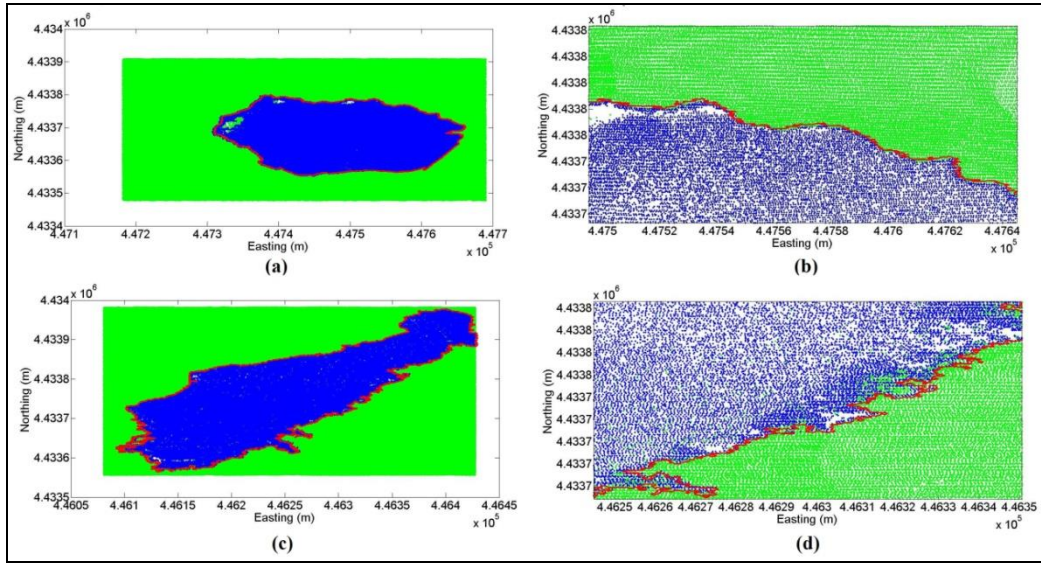
LTI algoritmasının sonuçları ise Şekil 4'te gösterilmektedir. Green Lake 3 gölünün sınırları AOP algoritmasında olduğu gibi başarılı bir şekilde LTI algoritması ile de çıkarılmıştır (Şekil 4a ve b). Fakat şekilden de görüleceği üzere bulunun sonuçlar AOP'nin aksine 2B'ludur. LTI algoritmasından çıkarılan sınırlar kullanılarak hesaplanan Green Lake 3 gölünün alanı ise 36388.8m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.



Şekil 3. AOP algoritmasının Green Lake 3 (a ve b) ve lake no name (c ve d) gölleri için sonuçları; Mavi noktalar göl bölgesi, yeşil alan göl dışında kalan alanlar ve kırmızı ise sınırı temsil eder.

Diğer bir taraftan ise, lake no name gölü daha öncede belirtildiği üzere daha karmaşık bir şekle sahiptir. AOP algoritmasında, hatalı sonuçlara karşın, bu göl için de LTI algoritması başarılı sonuçlar vermiştir. Şekil 4 (c) ve (d) lake no name gölünün LTI algoritması ile çıkarılan sınırlarını göstermektedir. Bu şekildeki kırmızı çizgi, gölün çıkarılan

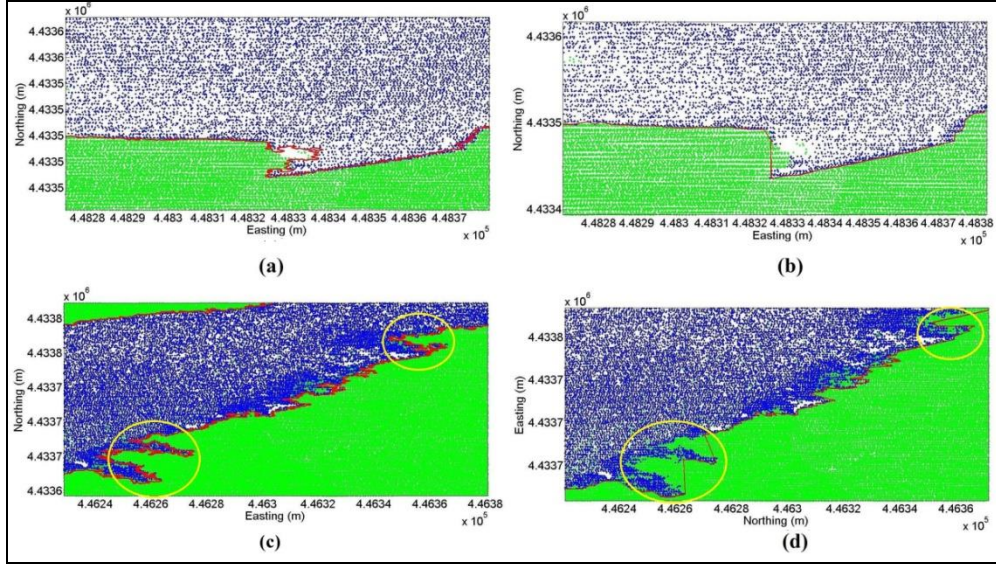
sınırlarını temsil etmektedir. Son olarak lake no name alanı LTI algoritmasının sınır sonuçları kullanılarak hesaplanmış ve 53127.5 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.



Şekil 4. LTI algoritmasının Green Lake 3 (a ve b) ve lake no name (c ve d) gölleri için sonuçları; Mavi noktalar göl bölgesi, yeşil alan göl dışında kalan alanlar ve kırmızı ise sınırı temsilidir

Görsel olarak algoritmaların karşılaştırılması ile bulunan sonuçların bazı bölgelere yaklaşarak analiz edilmesi ile yapılmıştır. Şekil 5 AOP ve LTI algoritmalarının aynı göller için bulunan sınır sonuçlarını göstermektedir. Şekil 5 (a) Green Lake 3 gölünün AOP ile sonucunu Şekil 5 (b) aynı gölün LTI algoritması ile sonucunu göstermektedir. Şekil 5 (c) ise lake no

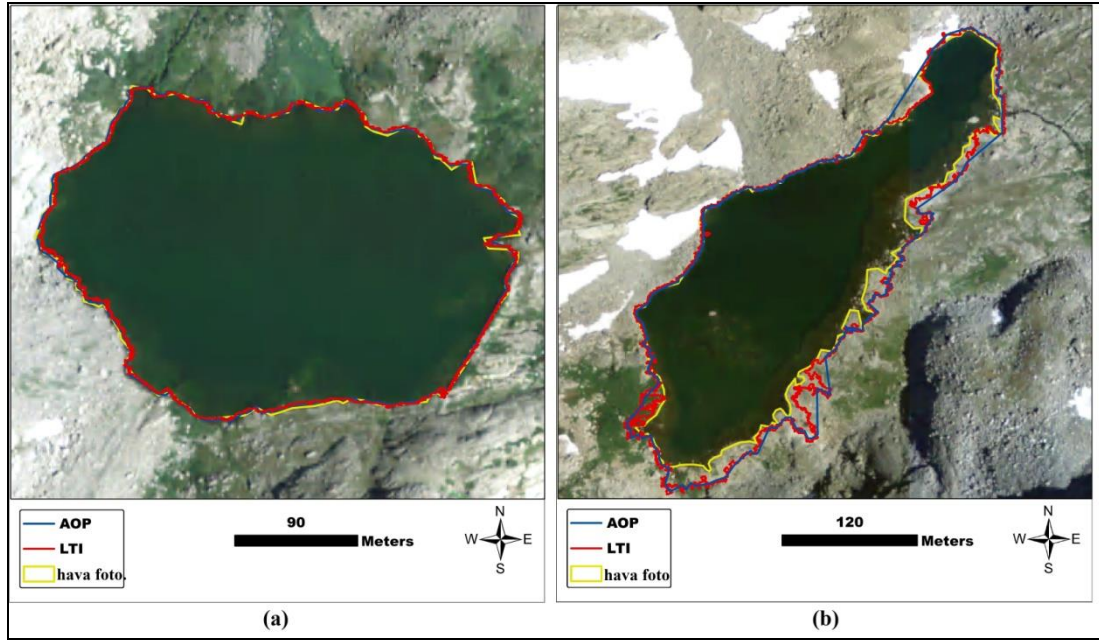
name gölünün AOP algoritması ile çıkarılan sınır sonucunu österirken karşılık gelen bölgenin LTI algoritması ile elde edilen sonucu Şekil 5 (d)'de gösterilmiştir. Şekil 5'de görüleceği üzere lake no name gölü için AOP algoritması çok başarılı bir sonuç vermemiştir.



Şekil 5. AOP (a, c) ve LTI (b, d) algoritmalarının görsel karşılaştırılması.

Son olarak AOP ve LTI algoritması ile elde edilen sonuçlar görsel olarak hava fotoğrafları üzerine yansıtılmış ve hava fotoğraflarından elde edilen sınır sonuçları ile birlikte gösterilmiştir. Şekil 6'da 2011 yılına ait hava fotoğrafı, AOP ve LTI algoritmalarından bulunan sınır sonuçlarını göstermektedir.

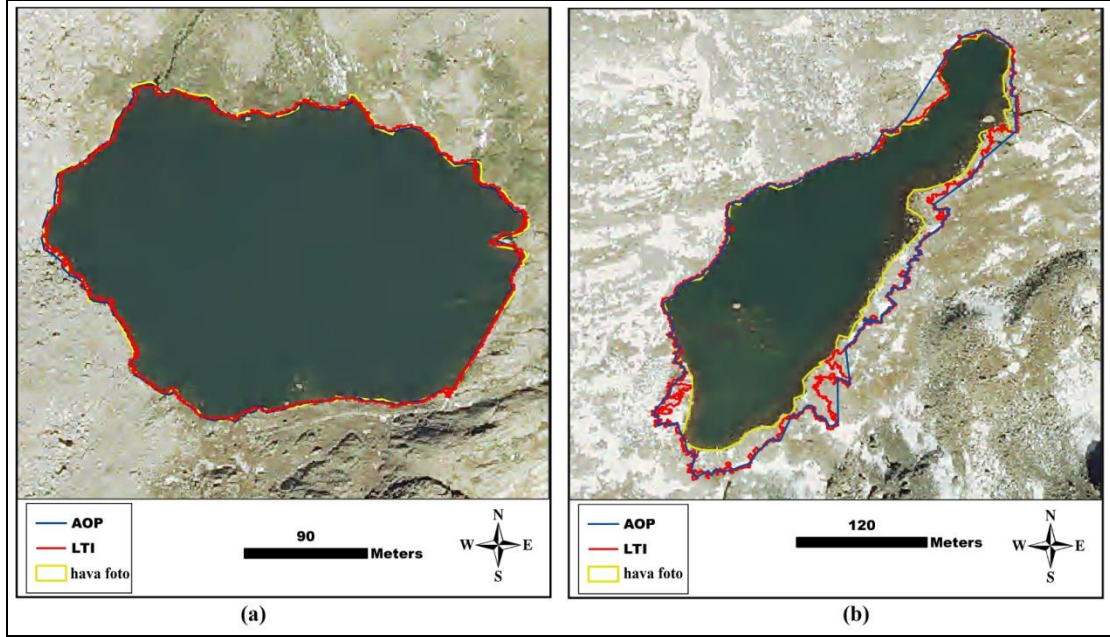
Şekil 6 (a) Green Lake 3 gölünün sonucunu Şekil 6 (b) ise Lake no name sonucunu göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere Green Lake 3 zamanla değişmemiş; fakat lake no name gölünün sınırında zamanla azalma olmuştur. Ayrıca AOP algoritması bu göl için hatalı sonuç vermiştir.



Şekil 6. AOP ve LTI algoritması ile hava fotoğraflarının (2011) sonuçlarının karşılaştırılması; a) Green Lake 3; b) Lake no name

Şekil 7 ise AOP ve LTI algoritmasının göller için bulunan sınır sonuçlarının 2013 yılında çekilen hava fotoğrafı üzerinde yansıtılmasıdır. Aynı zamanda hava fotoğrafından manuel olarak çıkarılan sınırlarda aynı şekil üzerinde gösterilmektedir.

Green lake 3 gölü için 2011 yılında çekilen fotoğrafla aynı olarak AOP algoritması ve LTI algoritması hava fotoğrafından elde edilen sınır ile aynı sonuçları vermiştir. Lake no name gölü ise zamanla alanında azalma gözlenmiştir.



Şekil 7. AOP ve LTI algoritması ile hava fotoğraflarının (2013) sonuçlarının karşılaştırılması; a) Green Lake 3,b) Lake no name

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Göllerin karasal ekosistem üzerinde yeri tartışılmayacak kadar önemlidir. Bu yüzden göllerde meydana gelecek değişimler ekosistemi derinden etkileyebilir. Bunun önüne geçmek ve tedbir almak için göllerdeki değişimlerin zamana bağlı olarak gözlemlenmesi gerekmektedir. Genel olarak göl değişimleri uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaktadır. Fakat uydu görüntülerinin ücreti, mevsimsel koşullardan etkilenmesi ve çok yüksek çözünürlükte olmaması bu görüntülerden göl sınırlarının çıkarılamayacağı ve çıkarılsa dahi, elde edilen sonuçların çok güvenilir olmayacağı sonucunu doğurmaktadır. Dahası bu görüntülerden elde edilen sonuçlar 2B olacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada göllerin LiDAR ile 3B olarak sınırlarının bulunması ve alanlarının hesaplanması hedeflenmiştir. Bu amaçla, 2 farklı sınır çıkarma algoritması geliştirilmiştir. Birinci algoritma (AOP) tam otomatiktir; basit geometri göl şekillerinde sınırları başarılı bir şekilde çıkarırken, karışık geometrideki alanların sınırlarını hatalı bulmuştur. Bu nedenle ikinci sınır çıkarma algoritması (LTI) geliştirilmiştir. LTI algoritması her türlü şekildeki göl alanlarının sınırını başarıyla bulurken, yarı otomatik olması ve sonuçların 2B olması gibi handikapları mevcuttur. Sonuç olarak iki algoritmanın da avantajlı ve dezavantajlı tarafları bulunmaktadır. İleriki çalışmalarda LTI algoritması tam otomatize edilecektir. Dahası bu algoritmalar bina çatılarının sınırlarının çıkarılmasında test edilecektir.

#### Teşekkür

LiDAR verileri, finansal desteği NSF's Division of Earth Sciences, Instrumentation and Facilities Program. EAR-1043051 tarafından sağlanan National Center for Airborne Laser Mapping (NCALM - <http://www.ncalm.org>), web sayfasından indirilmiştir. Hava fotoğrafları ise [earthexplorer.usgs.gov/](http://earthexplorer.usgs.gov/) web sitesinden indirilmiştir.

#### Referanslar

Canaz S. ve Habib A., 2013. Photogrammetric features for the registration of terrestrial laser scans with minimum overlap.

Journal of Geodesy and Geoinformation. Vol.2, Iss.1, pp.1-8, May 2013, Journal No.107. doi: 10.9733/jgg.250913.2

Höfle, B., Vetter, M., Pfeifer, N., Mandlburger, G., ve Stötter, J., 2009. Water surface mapping from airborne laser scanning using signal intensity and elevation data. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(12), pp. 1635-1649

Fischler M.A. ve Bolles R.C., 1981. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24(6):381-395, 1981

Kovesi, P. 2013, "MATLAB and Octave Functions for Computer Vision and Image Processing. URL <http://people.csse.uwa.edu.au/pk/Research/MatlabFns/index.html>. (alıntı tarihi, 02.01.2014)

Mostafa, M. M., ve Soussa, H. K., 2006. Monitoring of Lake Nasser using remote sensing and GIS techniques. (ISPRS Mid-term Symposium Proceeding. May 2006, Enschede).

Maillard, P., Pivari, M. O. Ve Luis, C. H. P., 2011. Remote Sensing for mapping and monitoring wetlands and small lakes in southeast Brazil. *Remote Sensing of Planet Earth*. Croatia, Intechweb.org, 23-46.

NCALM, 2005. Niwot Ridge Long-Term Ecological Research Site, Colorado (C005 Anderson). National Center for Airborne Laser Mapping (NCALM). URL <http://dx.doi.org/10.5069/G9FJ2DQM>. (alıntı tarihi 20.09.2014).

Rokni K., Ahmad A., Selamat A., ve Haizini S., 2014. Water feature extraction and change detection using multitemporal satellite imagery. *Remote Sensing* 2014 doi:10.3390/rs6054173

Schmidt, A., Rottensteiner F., ve Sörgel U.,2012.Classification of airborne laser scanning data in Wadden sea areas using conditional random fieldsThe International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B3 (2012), pp. 161–166

Stefouli M. ,Charou E. Ve Katsimpra E., 2011. Monitoring lake ecosystems using integrated remote sensing and GIS techniques: An assessment in the Region of West Macedonia Greece, Environmental Monitoring, Eds: Ema O. Ekundayo , pp. 185-205.

USDA, 2011.U.S. Department of Agriculture (USDA), National Agriculture Imagery Program.(NAIP) M\_4010559\_SE\_13\_1\_20110827\_20111004. USGS Earth Resources Observations and Science (EROS) Center. Sioux Falls, South Dakota. URL <http://earthexplorer.usgs.gov/> (alıntı tarihi 20.02. 2015).

USDA, 2013.U.S. Department of Agriculture (USDA), National Agriculture Imagery Program.(NAIP) M\_4010559\_SE\_13\_1\_20130926\_20131119. USGS Earth Resources Observations and Science (EROS) Center. Sioux Falls, South Dakota. URL <http://earthexplorer.usgs.gov/> (alıntı tarihi 20.02. 2015).

Zhu W., Jia S., ve Lv A.,2014.Monitoring the Fluctuation of Lake Qinghai Using Multi-Source Remote Sensing Data Remote Sens. 2014, 6, 10457-10482; doi:10.3390/rs61110457