

# LIDAR VERİSİ KULLANARAK GERÇEK ORTOFOTO ÜRETİMİ

A. Günay, H. Arefi, M. Hahn

İstanbul Teknik Üniversitesi - Stuttgart University of Applied Sciences,  
İTÜ İnşaat Fakültesi Fotogrametri Anabilim Dalı

34469 Maslak/İstanbul, Türkiye

Email: gunaya@ins.itu.edu.tr, {hossein.arefi, m.hahn.fbv}@hft-stuttgart.de

**Anahtar Sözcükler:** LIDAR, İlk ve son sinyal verisi, Gerçek Ortofoto, Ortofoto, SAM, SYM

## ÖZET:

Uzun yıllardan beri orman arazilerinin kontrolü ve yönetimi, su baskınlarına karşı risk analizi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılan LIDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi, son yıllarda hava algılayıcılardaki gelişmeler ile Gerçek Ortofoto üretiminde ve üç boyutlu şehir modeli oluşturulmasında popüler olarak kullanılmaya başlanılmıştır. LIDAR sistemi, GPS – INS sistemleri ile entegreli çalışarak, eş zamanlı üç boyutlu koordinat elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Böylelikle, bu teknoloji ile geleneksel fotogrametrik yöntemlerden daha yüksek doğrulukta Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmekte ve Gerçek Ortofoto üretiminin kalitesi artırılabilir.

Bu tez çalışmada, Gerçek Ortofotonun geliştirilmesi üzerine uygun metotlar araştırılmış ve iki farklı metot test edilmiştir. (1) İlk metot olarak, Gerçek Ortofoto üretimi için fotogrametride yaygın bir şekilde kullanılan SYM Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılmış ve (2) ikinci metot olarak, hava fotoğraflarının üç boyutlu değerlendirilmesi ile sayısallaştırılan binaların çatı kenarları, vektör veri olarak SAM'ın üzerine eklenerek Gerçek Ortofoto üretilmiştir. Bu bildiride, üretim işlem adımlarına ve karşılaşılan sorunlara detaylı bir şekilde değinilmekte, iki farklı yöntemle üretilen Gerçek Ortofotonun karşılaştırılması anlatılmaktadır. Deneyisel araştırma için Stuttgart, Almanya, şehir merkezinin Lidar test veri seti kullanılmıştır.

## 1. GİRİŞ

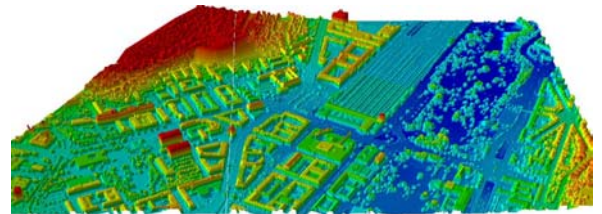
Günümüzde, LIDAR teknolojisi ile birlikte doğrudan ve yüksek doğrulukta üç boyutlu (3B) koordinat elde edilimi gerçekleştirilebilmektedir. LIDAR sisteminin getirmiş olduğu bu avantaj ile birlikte SAM ve SYM'nin oluşturulmasında LIDAR verisi Fotogrametri ve Uzaktan algılama alanlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır [1]. Geleneksel Fotogrametrik yöntemlerin yer yüzü üzerinden 3B bilginin toplanılmasında geçerli olarak kullanılmasına rağmen, elde edilen SYM özellikle 3B şehir modeli uygulamalarında ve gerçek ortofoto üretiminde istenilen doğruluğu sağlayamamaktadır. Diğer bir taraftan, LIDAR sistemi, 3B obje modellemesi, bina simülasyonları ve gerçek ortofoto üretimi gibi benzer uygulamalara 3B güvenilir veri hazırlamaktadır [2], [3]. Bu uygulamalarda kullanılan tüm metotlar prensip olarak SYM'nin sağlamış olduğu doğruluk kadar bir doğruluğu sonuçlarında erişebilmektedir [4].

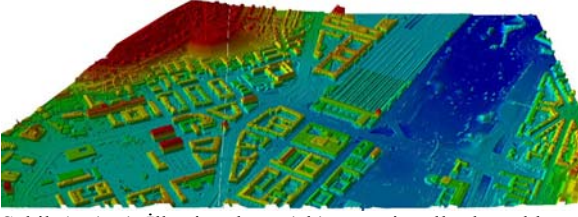
Bu çalışmada, Gerçek Ortofoto'nun kalitesini artırmak doğrultusunda SYM LIDAR verisinden yararlanılarak iki farklı şekile modellenmiştir. Takip eden alt başlıklarda LIDAR'ın çalışma prensibine, Ortofoto ve Gerçek Ortofoto görüntüsüne kısaca değinilmiştir. Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılan metotlar bölüm 2'de detaylı olarak açıklanmış ve takip eden bölümde deneyisel araştırmaya yer verilmiştir. Araştırmadan çıkarılan sonuçlar ve öneriler ile son bölüm tamamlanmıştır.

### 1.1 LIDAR SİSTEMİ

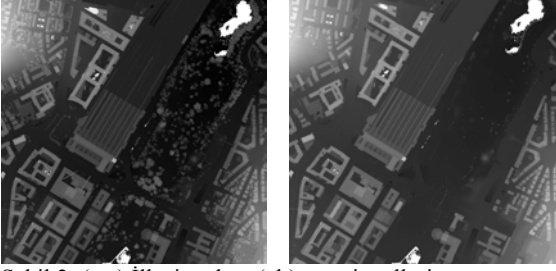
Airborne Laser Scanning (ALS) olarak bilinen LIDAR, RADAR teknolojisine benzer bir şekilde çalışmaktadır. RADAR'dan farklı olarak radyo dalgaları yerine, laser sinyallerini kısa elektro magnetik dalgalar halinde göndererek veri elde etmektedir. Yer yüzüne saniyede binlerce sinyal

göndermekte ve GPS/INS teknolojisi ile entegreli çalışarak 3B veriyi direkt elde etmektedir [5]. LIDAR teknolojisindeki en önemli gelişmelerden bir tanesi, gönderilen sinyallerin LIDAR alıcıları tarafından ilk ve son sinyol verisi olarak ayırt edilebilmesi olarak kabul edilmektedir. Bu görüş doğrultusunda, LIDAR sisteminden gönderilen sinyallerden ilk'i yüksek olasılıkla ağaçların üzerinden yansıma yaparken son sinyal ise ağaçlardan penetre ederek arazi üzerinden yansıma yaptığı yapılan bir çok araştırmalarda belirtilmiştir (şekil 1) [6]. LIDAR teknolojisi ile nokta bulutu halinde nokta elde edildiği gibi laser sinyallerin yansıma şiddetlerinden faydalanarak koyuluk derecelerine göre sınıflandırılmış resim verisi olarak da elde etmek mümkündür. Şekil 2'de gösterildiği gibi, arazi ve arazi yüzeyine yakın objeler koyu renk ile gösterilirken, yükseltisi fazla olan binalar ve ağaçlar gibi yapay veya doğal objeler parlak bir şekilde renklendirilmiştir. Bunların yanında, laser sinyallerinin yansıma yapmadığı su birikintili kısımlar resim üzerinde beyaz renkle temsil edilmektedir. LIDAR sistemlerinde kullanılan navigasyon sistemlerindeki (GPS, INS) gelişmelerle birlikte yatay ve dikey doğrultuda  $\pm 30$  cm doğruluktan söz etmek mümkündür [7].





Şekil 1: (üst) İlk sinyal ve (alt) son sinyallerden elde edilen nokta bulutu yüksekliklerine göre farklı renklerde sınıflandırılarak gösterilmiştir



Şekil 2: (üst) İlk sinyal ve (alt) son sinyallerin yansıma şiddetlerinden elde edilen resimler

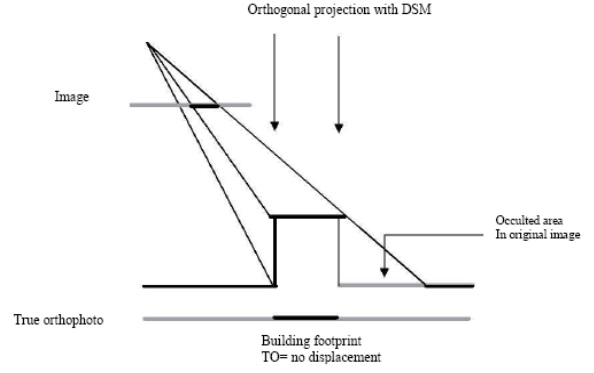
## 1.2 Ortofoto ve Gerçek Ortofoto Görüntüsü

Geleneksel Ortofoto üretiminde SAM'ın kullanılması sonucu, binalar ve arazi üzerinde kalan diğer objeler, perspektif iz düşümden kaynaklanan görüntü ötelemesinden dolayı Ortofoto üzerinde doğru olarak konumlandırılmamaktadır [8]. Ortofoto üretiminin, SYM'nin kullanılarak gerçekleştirilmesiyle görüntü ötelenmesinden kaynaklanan sorunlar büyük ölçüde aşılmaktadır. Buna rağmen, Gerçek Ortofoto üretimi için SYM kullanılırken farklı sorunları beraberinde getirmektedir. Binaların gerçek konumlarına getirilmesi işlemi sonucunda, Ortofoto üzerinde resim bilgisi olmayan alanlar oluşmaktadır. Bu sorunun aşılması için, binaların doğru konumlandırılması işlemi ile görünürlük testi eş zamanlı olarak yürütülerek görünür olmayan alanlar tespit edilmekte ve komşu Ortofotolardaki görünür alanlar ile yeniden tanımlanmaktadır [9]. Böylelikle, elde edilen görüntüde binalar doğru konumlarına düzeltilmesi ve görünür olmayan alanlarında Ortofoto üzerinde yeniden tanımlanmasıyla 'Gerçek Ortofoto' olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: (sol) Ortofoto ve (sağ) Gerçek ortofoto

Şekil 3.2'de Gerçek Ortofoto üretiminde yürütülen genel işlemler gösterilmiştir. Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılan metot ve işlem adımları bölüm 2'de ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.



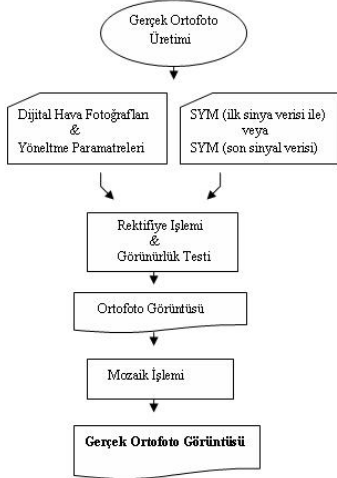
Şekil 3.2: Gerçek Ortofoto üretiminde yürütülen genel işlemler [10]

## 2. METOTLARDA İZLENİLEN ALGORİTMA

### 2.1 Otomatik Olarak Gerçek Ortofoto Üretimi

İlk metotda, LIDAR datasının sağlamış olduğu güvenilir bilgiden faydalınarak SYM modellenmiş ve dijital hava fotoğrafları ile birlikte kullanılarak Gerçek Ortofoto üretimine geçilmiştir. Diğer bir taraftan LIDAR Sistemi bölümünde de bahsedildiği gibi ilk ve son sinyallerden farklı yoğunluklarda 3B bilgi elde edilmektedir. Bu çalışmada, SYM ilk olarak; ilk sinyal verisinden faydalınarak, ikincisinde ise son sinyalin sağlamış olduğu veri ele alınarak modellenmiş ve Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılmıştır. Böylelikle, üretilen Gerçek Ortofoto kalitesine bakılarak laser sinyallerin sağlamış olduğu verilerin doğruluğu karşılaştırılıp, Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılması gereken SYM için en elverişli laser sinyali belirlenebilmektedir. Şehir merkezlerini kapsayan Gerçek Ortofoto uygulamalarında, yaygın olarak SYM yüksek nokta sıklığında modellenmektedir. Böylelikle, yer yüzündeki binaların ebatları göz önüne alındığı zaman, küçük yapılarında SYM'e dahil olması sağlanılmaktadır. Bu araştırmada, şehir merkezlerini kapsayan uygulamalarda ortaya çıkan bu gibi sorunlar göz önüne alınarak SYM 2 m sıklıkta modellenmiştir. Gerçek Ortofoto üretimi üç adımda gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, kaynak resim üzerindeki pikseller kolinarite eşitliğine dayanarak SYM üzerine iz düşürülmüştür. Eşleşen pikseller daha sonra, paralel iz düşüm kullanılarak harita düzlemine (Gerçek Ortofoto) tekrar iz düşümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). İkinci adımda, harita düzlemine indirgenen yeni piksellere yeniden örnekleme metotlarından bir tanesinden faydalınarak yeni renk değerleri atanmıştır. Bu çalışmada, Gerçek Ortofoto piksel boyutları 25 cm olarak tanımlanmış ve *bilinear* yeniden örnekleme metodu kullanılarak kaynak piksellerden yeni renk değerleri interpolate edilerek yeni oluşturulan piksellere atanmıştır. Yeniden örnekleme için yaygın olarak kullanılan üç metot vardır; 'nearest-neighbour', 'bilinear' ve 'cubic convolution' metotları. Bilinear ve cubic convolution metotları birbirlerine benzer şekilde, neighbour metot'a nazaran daha pürüzsüz düzgün bir sonuç verirken işleme zamanları daha uzun sürmektedir. Rektifiye işlemi sonucunda binalar doğru yerlerine konumlandırılırken, Ortofoto üzerinde resim bilgisi olmayan alanlar açığa çıkmaktadır. Bu sorun, rektifiye işlemi ile görünürlük testi eş zamanlı olarak yapılarak aşılmıştır. Eğer, görünürlük testi yapılmadan rektifiye işlemi tamamlanır ise bina doğru konumlanırken eski konumunda da bir kopyası gözükcektir. Bundan dolayı, binalar düzeltilirken görüntü bilgisi olmayan pikseller siyah renk kodu (binary kod = 0) ile işaretlenerek resim bilgisi olmayan alanlar tespit edilmiştir. Üçüncü adıma geçildiğinde, mozaik işlemi gerçekleştirilerek siyah renk kodu taşıyan pikseller komşu Ortofotolardaki

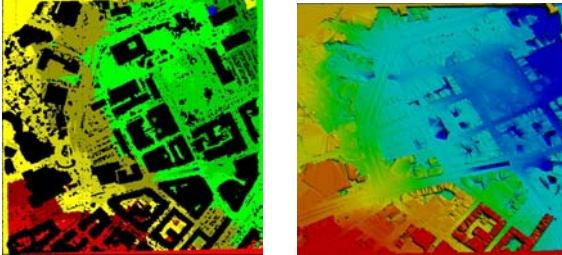
görünür alanlar ile yeniden tanımlanır ve tüm ortofotolar tek bir parça olarak birleştirilir, 'Gerçek Ortofoto'. İlk method için sözü edilen işlem adımları aşağıdaki şemada özetlenmiştir (Şekil 4).



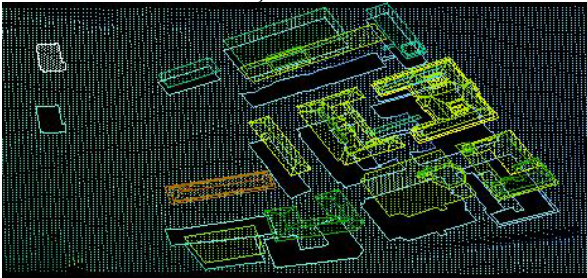
Şekil 4: Birinci metod işlem adımları

## 2.2 Yarı Otomatik Olarak Gerçek Ortofoto Üretimi

İlk metotda, Gerçek Ortofoto üretimi için SYM sadece LIDAR verisi kullanılarak elde edilmişti. Fakat üretilen Gerçek Ortofoto'da yolların, köprülerin ve bina çatı kenarlarının gerçeği yansıtan bir görünümde olmadığı tespit edilmiştir. Bu sorunun aşılması amacıyla, bu metotda hava fotoğraflarının üç boyutlu değerlendirilmesi ile sayısallaştırılan binaların çatı kenarları, vektör veri olarak LIDAR verisine harmanlanarak Gerçek Ortofoto üretilmiştir. İlk olarak, LIDAR verisindeki nokta bulutu içerisinde tüm bina ve ağaç bilgileri çıkartılmıştır (Şekil 5.a). Bina ve ağaç verilerinin LIDAR verisinden çıkarılması ile oluşan boşluklar SAM oluşturulması esnasında 2 m sıklıkta grid yapısına interpolate edilerek doldurulmuştur (Şekil 5.b). Devamında sayısallaştırılan vektör veri LIDAR verisine eklenerek SYM 2 m sıklıkta üretilmiştir (Şekil 5.c).

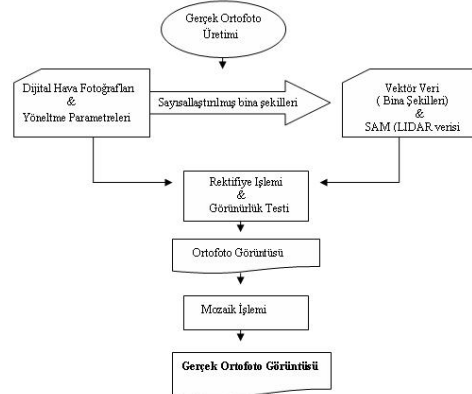


Şekil 5: (a) (sol resim) LIDAR verisinden bina ve ağaç bilgilerinin çıkartılması ile elde edilen veriden, (b) (orto resim) 2 m sıklıkta SAM üretilmiştir



Şekil 5: (c) Modellenen SAM'a sayısallaştırılan bina hatlarının eklenerek elde edilen SYM

Böylelikle, ikinci metotda vektör veriden de yararlanılarak oluşturulan SYM ile dijital hava fotoğrafları Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılmıştır. İlk metotda olduğu gibi yeniden örnekleme için bilinear metot kullanılmıştır. Rektifiye işlemi ve görünürlük testi sonrasında resim bilgisi olmayan alanların Ortofoto üzerinde tespit edilmesiyle mozaik işlemeye geçilmiştir. Tüm ortofotolar belirlenen hatlarda birbirlerine birleştirilmiş ve resim bilgisi olmayan kısımlar yeniden tanımlanarak Gerçek Ortofoto elde edilmiştir. İkinci method için sözü edilen işlem adımları aşağıdaki şemada özetlenmiştir (Şekil 6).

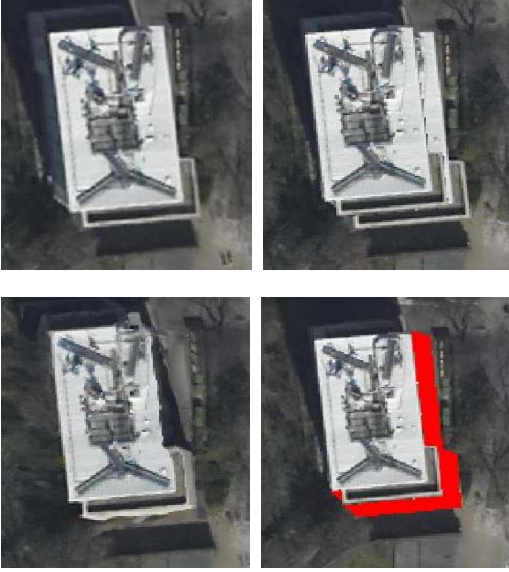


Şekil 6: (sol) Birinci metod işlem adımları ve (sağ) ikinci metod işlem adımları

## 3. DENEYSEL ARAŞTIRMA

Araştırmada kullanılan LIDAR test verisi ve dijital hava fotoğrafları Almanya bulunan TopScan şirketi tarafından sağlanmıştır [11]. LIDAR verisi ilk ve son sinyal olarak ALTM 2050 sistemi ile m<sup>2</sup> başına yaklaşık 4.8 nokta yoğunluğuyla elde edilmiştir. Renkli dijital hava fotoğrafları ise Rollei AIC-modular-LS dijital metrik kamera ile eş zamanlı olarak 20cm piksel ebatlarında alınmıştır.

Şekil 7.a'da gösterildiği gibi Ortofoto üzerindeki binalar rektifiye işlemi esnasında SAM kullanılmasından dolayı görüntü ötelemesine maruz kalmaktaydı. Bu çalışmada, rektifiye işlemi esnasında bina yüksek bilgisinde dahil ederek, SYM, kullanarak binaların doğru konumlandırılması hedef olarak alınmıştır. Bunların yanında aşılması gereken diğer önemli bir sorunda resimdeki görünür olmayan alanların rektifiye işlemi sırasında belirli bir renk bilgisi ile tanımlanmasıydı (7.c). Aksi takdirde, rektifiye işlemi sonrasında yeniden konumlandırılan binanın üst üste binmiş görünümü 'hayalet görüntü' Ortofoto üzerinde belirecektir (Şekil 7.b). Resim bilgisi olmayan alanların belirlenmesiyle, mozaik işleme esnasında %100 örtü oranıyla üretilen komşu ortofotolardan yeniden tanımlanmıştır. Yeniden tanımlanan Ortofotolar tek bir resim 'Gerçek Ortofoto' olarak belirli kısımlarda birleştirilir (Şekil 7.d). Elde edilen Gerçek Ortofoto'da her ne kadar binalar doğru konumlandırılmış olsa da gerçekçi bir görünüm sergilememekte bina kenarları bulanık ve kıvrımlı bir şekilde gözükmektedir.



Şekil 7: (a) Ortofoto (üst-sol) ve (b) Hayalet görüntü (üst-sağ), (c) Görünürlük test sonucu (alt-sağ) ve (d) Gerçek Ortofoto (alt-sol)

Bunlara ek olarak şekil 8’de SYM’nin laser sinyallerinden ayrı ayrı elde ederek üretilen Gerçek Ortofoto’lar gösterilmektedir. Şekil 8.a’da Gerçek Ortofoto üretimi için SYM ilk sinyal verisi kullanılarak elde edilirken, şekil 8.b’de son sinyal verisi kullanılmıştır. Her iki Gerçek Ortofoto’da da binalar doğru konumlandırılmasına rağmen bina ve yol kenarlarının görünümünde farklılıklara rastlanmaktadır. Gerçek Ortofoto üretimi için her iki sinyalin yaratmış olduğu etki göz önüne alındığında, bina üzerindeki görünümde çok fazla farklılıklar taşımaya da son sinyalin vermiş olduğu sonucun yol kenarlarıda üstünlük taşıdığı gözlenmiştir (şekil 8).



Şekil 8: (a) İlk sinyal verisi kullanılarak üretilen Gerçek Ortofoto



Şekil 8: (b) Son sinyal verisi kullanılarak üretilen Gerçek Ortofoto

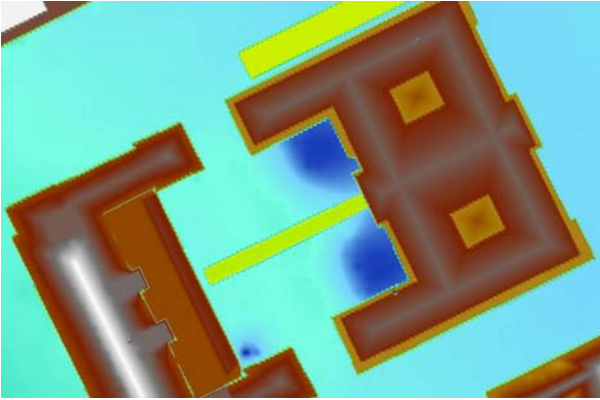
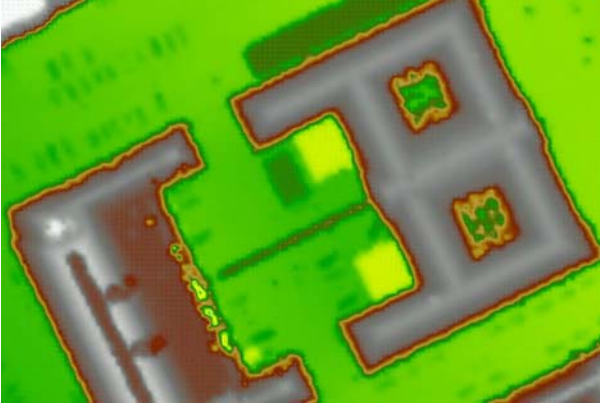
İkinci metotun sonuçları incelendiğinde ise elde edilen Gerçek Ortofoto’nun binaları gerçek konumlarına düzeltmekle kalmayıp bina kenarlarında meydana gelen bulanıklığı ve kıvrımlı görünümü de üstesinden geldiği görülmüştür (Şekil 9.b). Şekil 9.a’da birinci metot ile üretilen Gerçek Ortofoto üzerinde bina çatısının kenarlarındaki distorsiyon açıkça görülmektedir. Özellikle binanın orta kısmında bulunan camlı yapıdaki bulanıklık (şekil 9.a), ikinci metot kullanılarak yeterli derecede aşıldığı görülmektedir (şekil 9.b). Buna neden olarak, camlı yapılarda laser ışınlarının saçılmasından dolayı konum bilgisinin yeterli doğrulukta elde edilemediği ve bunun da Gerçek Ortofoto üretiminde kullanılan SYM’de bu kısımların hatalı noktalardan oluştuğu söylenebilir (Şekil 10). Bunun sonucunda, rektifiye işlemi sırasında pikseller SYM üzerinde doğru konumlarına iz düşürülememekte ve Şekil 9.a’daki gibi sorunlara yol açmaktadır. İkinci metotta ön görülen hatalı kısımlar manuel olarak sayısallaştırılıp LIDAR verisi ile birlikte SYM oluşturulmasıyla yüksek doğrulukta Gerçek Ortofoto üretilenmiştir (Şekil 9.b).



Şekil 9: (a) Birinci metot sonucu üretilen Gerçek ortofoto



Şekil 9: (b) İkinci metot sonucu üretilen Gerçek ortofoto



Şekil 10: (üst resim) Sadece LIDAR verisinden oluşturulan SYM'de bina hatlarının düzgün olmadığı ve yer yer SYM'de boşluklar görülmektedir; (alt resim) Bina hatlarının vector veri olarak LIDAR verisine harmanlanarak oluşturulan SYM de ise bina hatları düzgün ve gerçekçi bir şekilde modellenmektedir.

Tüm işlemler sonucunda, üretilen Gerçek Ortofoto SYM üzerine yerleştirilerek test bölgesinin 3 boyutlu görünümü Şekil 11'de sergilenmiştir.



Şekil 11: Test alanının 3 boyutlu görselleştirilmesi

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçek Ortofoto'nun kalitesini artırmak bakış açısıyla iki farklı şekilde elde edilen SYM bu karşılaştırmalı çalışmada kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, birinci metotla üretilen Gerçek Ortofoto binaları doğru konumlarına yerimli bir işleme sürecinde düzeltilse de beraberinde bina kenarlarında bulanık ve kıvrımlı görünüm aşılması gereken başka bir sorun olarak önümüze getirmiştir. İkinci methodta ise, sayısallaştırılan bina kenarları vektör veri olarak SAM'a

katılmasıyla bu sorunlar aşılmaktadır. Diğer bir taraftan, ikinci yöntemde bina kenarlarının stereoskopik yöntemle sayısallaştırılması birinci yönteme göre zaman alan bir işlem süreci olarak görülmektedir. Bina kenarlarının LIDAR noktaları üzerinden otomatik olarak elde edilmesi günümüzde önemli bir araştırma konusu oluşturmakta, fakat şu ana kadar sunulmuş yöntemlerde çeşitli bina yapıları göz anına alındığında tamamiyle geçerli bir doğrulukta sonuç vermediği bilinmektedir.

Bu araştırma göstermiştir ki yüksek doğrulukta Gerçek Ortofoto üretiminde, kullanılan SYM'nin kalitesinin önemli bir rolü olduğu ve Lazer noktaları ile üretilen SYM'nin Gerçek Ortofoto üzerindeki binaların gerçekçi bir görünüme sahip olmasında tek başına yeterli olmadığı gözlenmiştir. Sayısallaştırılan bina hatlarının vektör veri olarak LIDAR son sinyal verisi ile harmanlanmasıyla elde edilen SYM'in, dijital hava fotoğraflarıyla beraber kullanılmasıyla üretilen Gerçek Ortofoto GIS ve 3 boyutlu şehir modeli gibi benzeri uygulamalar yeterli doğrulukta veri sağlayabilmektedir.

#### References

- [1] You, S., Hu, J., Neumann U. and Fox, P., (2003) *Urban site modeling from LIDAR*, [Online], <http://graphics.usc.edu/~suyay/paper/lncs03.pdf>
- [2] Haala, N., Brenner, C. and Anders, K., (1998) *3D urban GIS from laser altimeter and 2D map data*, [Online], [http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/1998/ohio\\_laser.pdf](http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/1998/ohio_laser.pdf)
- [3] Kim, Changjae., Ghanma, Mwafag. and Habib, A., (2006) *Integration of Photogrammetric and LIDAR data for realistic 3D model generation*, [Online], [http://regard.crg.ulaval.ca/proceedings/13-kim\\_et\\_al.pdf](http://regard.crg.ulaval.ca/proceedings/13-kim_et_al.pdf)
- [4] Albertz, J. and Wolf, B., (2006) *Generating true orthomages from urban areas without height information*, 1st EARSeL Workshop of the SIG Urban Remote Sensing, 2-3 March 2006, Berlin, Germany
- [5] Harding, J.D., (2000) *Principles of airborne laser altimeter terrain mapping*, NASA's Goddard Space Flight Center, [Online], [http://pugetsoundlidar.ess.washington.edu/laser\\_altimetry\\_in\\_brief.pdf](http://pugetsoundlidar.ess.washington.edu/laser_altimetry_in_brief.pdf)
- [6] Arefi, H., Hahn, M. and Lindenberger, J., (2003) *LIDAR data classification with remote sensing tools*, [Online], <http://www.igf.uni-osnabrueck.de/mitarbeiter/schiewe/papers/32.pdf>
- [7] Brennan, N. and Webster, T.L., (2006) *Object-oriented land cover classification of lidar-derived surfaces*, Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 32, No. 2, pp. 162–172, 2006
- [8] Thorpe, A., (2001) *Digital orthophotography in new york city*, [Online], [http://www.sanborn.com/Pdfs/Article\\_DOI\\_Thorpe.pdf](http://www.sanborn.com/Pdfs/Article_DOI_Thorpe.pdf)
- [9] Schickler, W. and Thorpe, A., *Operational Procedure for automatic true orthophoto generation*, ISPRS Commission IV Symposium on GIS - Between Vision and Applications, Vol. 32/4, Stuttgart, Germany, 1998
- [10] Ettarid, M., M'Hand, A.A. and Aloui, R., (2005) *Digital true orthophotos generation*, Geoinformatics FIG Working Week 2005 and GSDI-8 Cairo, 16-21 April 2005, Egypt, [Online], [http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts\\_27/ts27\\_05\\_ettarid\\_et\\_al.pdf](http://www.fig.net/pub/cairo/papers/ts_27/ts27_05_ettarid_et_al.pdf)
- [11] TopScan GmbH, [Online], [www.topscan.de](http://www.topscan.de)