



YOĞUN GÖRÜNTÜ EŞLEME ALGORİTMALARI İLE ÜRETİLEN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜZEY MODELİ ÜRETİMİNDE KALİTE DEĞERLENDİRME VE DOĞRULUK ANALİZİ

Naci YASTIKLI^a, Hüseyin BAYRAKTAR^b

^aYıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34210 Davutpaşa, İstanbul,
ynaci@yildiz.edu.tr

^bÇevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Söğütözü Mah.,
2179. Sk., Balgat, Ankara, huseyin.bayraktar@csb.gov.tr



İçerik

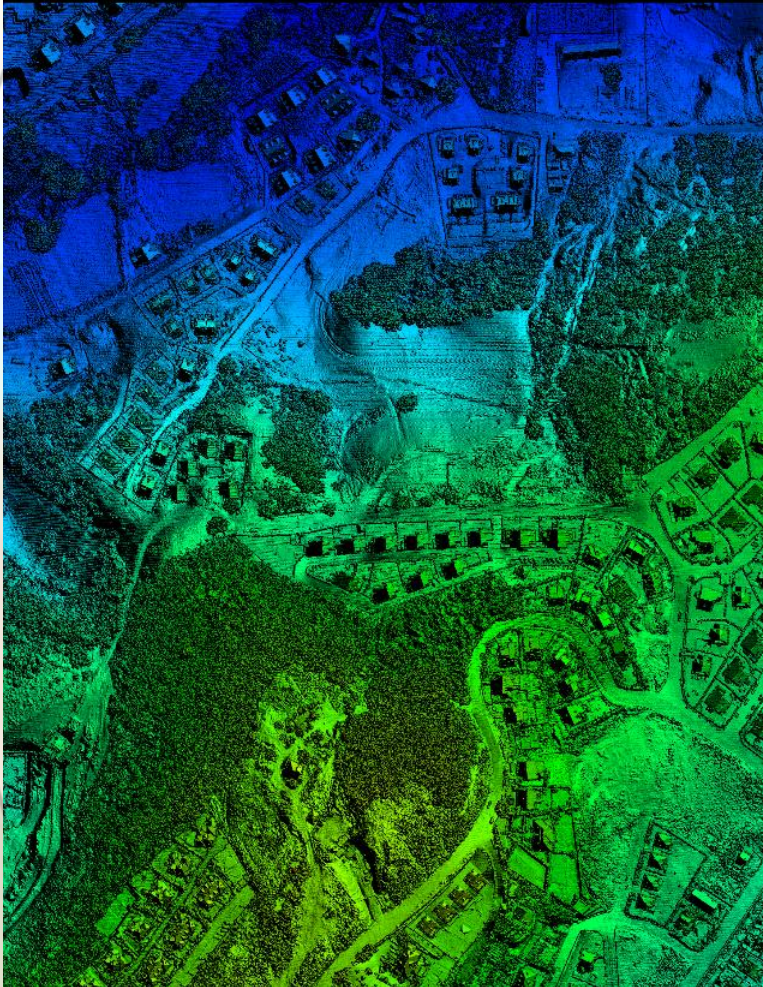
- Giriş
- Yoğun Görüntü Eşleme
- Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi
 - Test alanı ve veri seti
 - Yüzey modeli üretimi
 - Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi
- Sonuçlar

Giriş

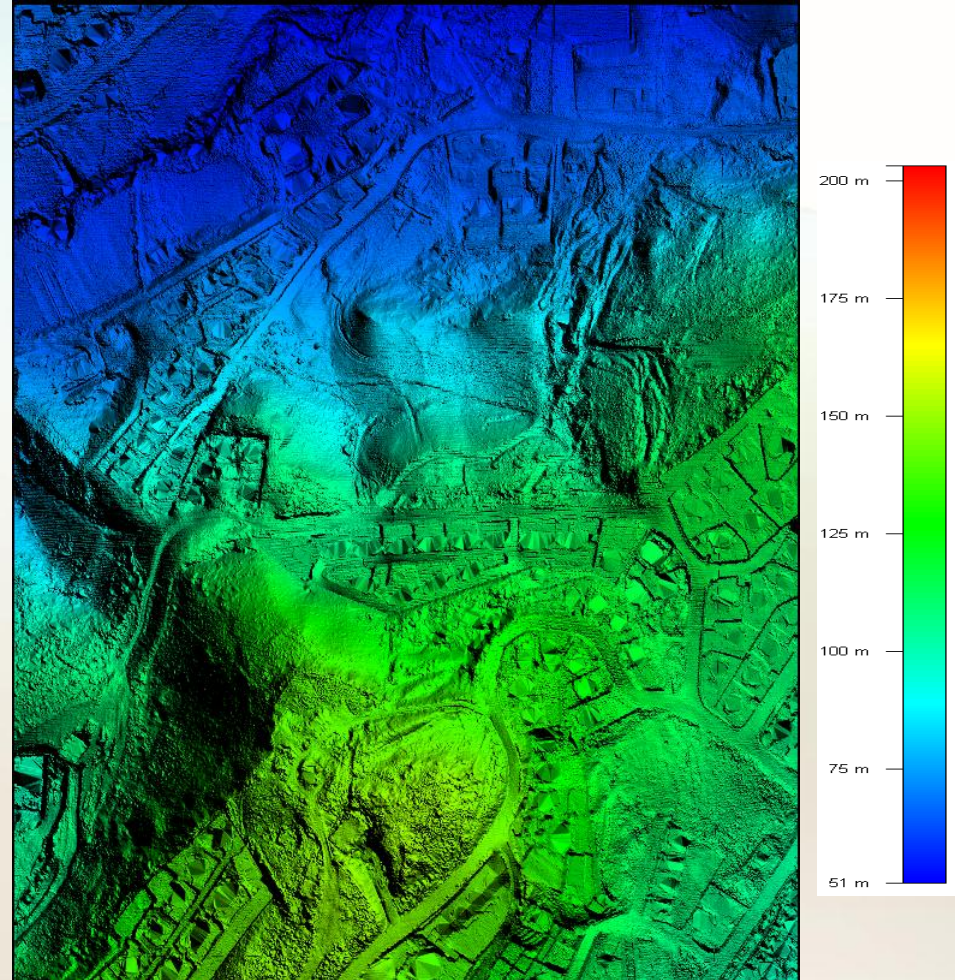
- Yeryüzünün üç boyutlu (3B) modelinin üretilmesi;
 - kentsel planlama
 - acil durum yönetimi
 - tarım
 - ormancılık
 - hidrografiya vb.

gibi çok farklı uygulama için kritik öneme sahiptir.
- Sayısal arazi modeli (SAM) ve sayısal yükseklik modeli (SYM) çıplak yeryüzünü ifade ederken, sayısal yüzey modeli (YM) yeryüzü ve üzerindeki bina, ağaç ve insan yapısı objeleri içerir.
- Global ölçekli SYM ya da YM üretiminde uydu bazlı stereo optik ya da radar görüntüleri kullanarak görüntü korelasyonu veya SAR interferometri yöntemi tercih edilmektedir.
- Yerel ölçekli uygulamalarda ise sayısal fotogrametri ve LiDAR (Light Detection and Ranging) ile üretilen SYM ve YM' ler tercih edilmektedir.

Giriş



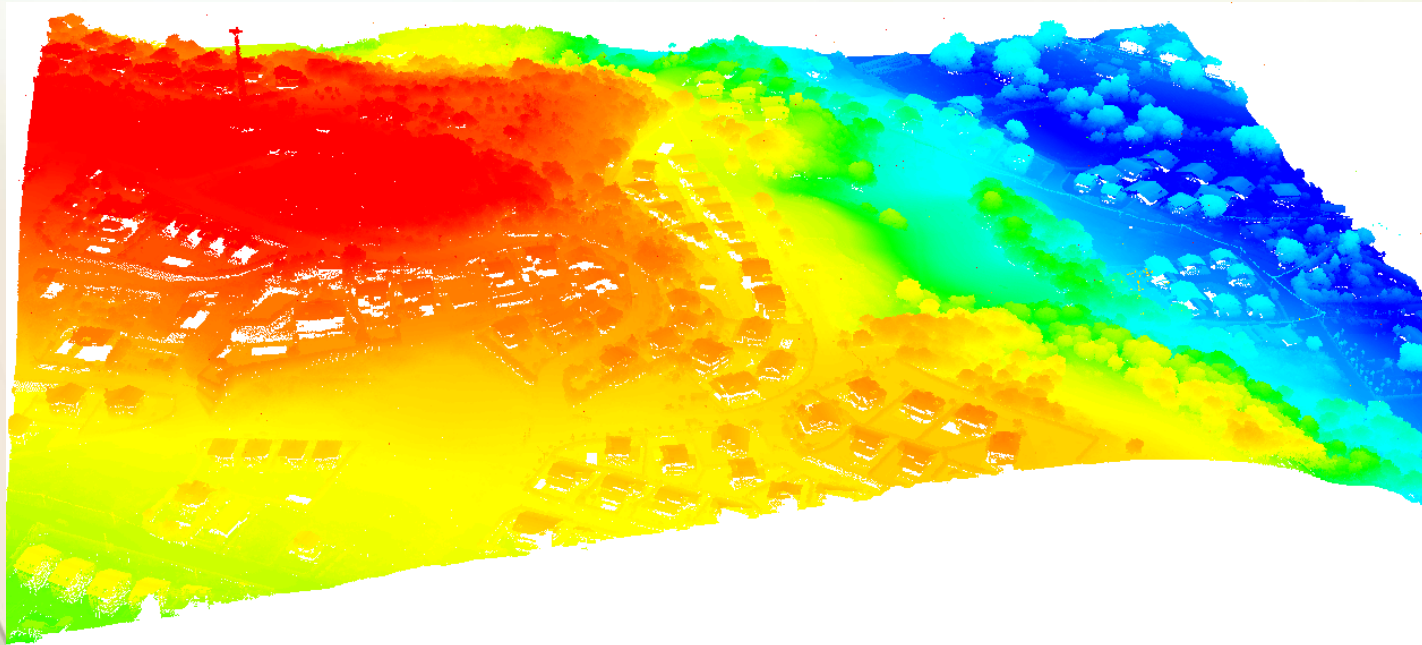
Sayısal Yüzey Modeli



Sayısal Yükseklik Modeli

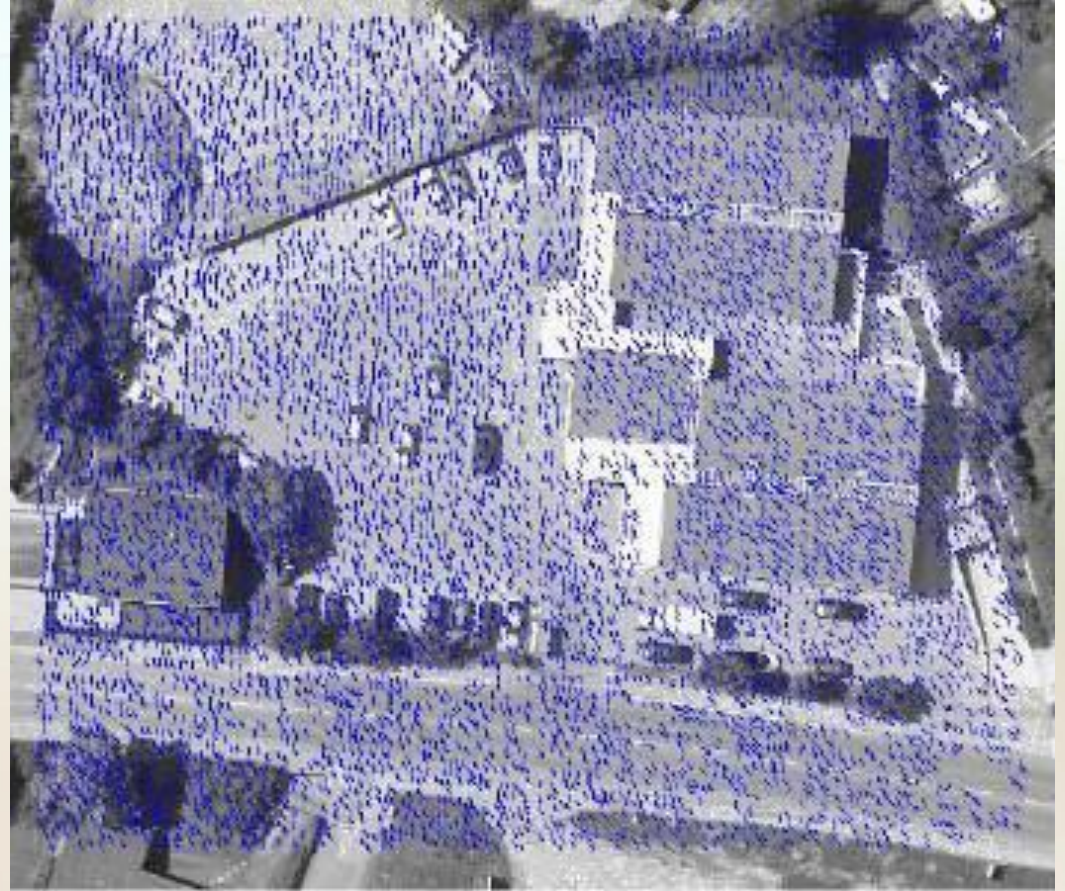
Giriş

- LiDAR ile yeryüzü ve üzerindeki bitki örtüsü, orman, insan yapısı objelerin üst yüzeyine ilişkin sayısal yüzey modeli yoğun nokta bulutu olarak üretilmektedir.
- LiDAR ile oldukça yoğun nokta bulutu (10-16 nokta/m²) üretilebilmektedir fakat pahalı bir yöntemdir.



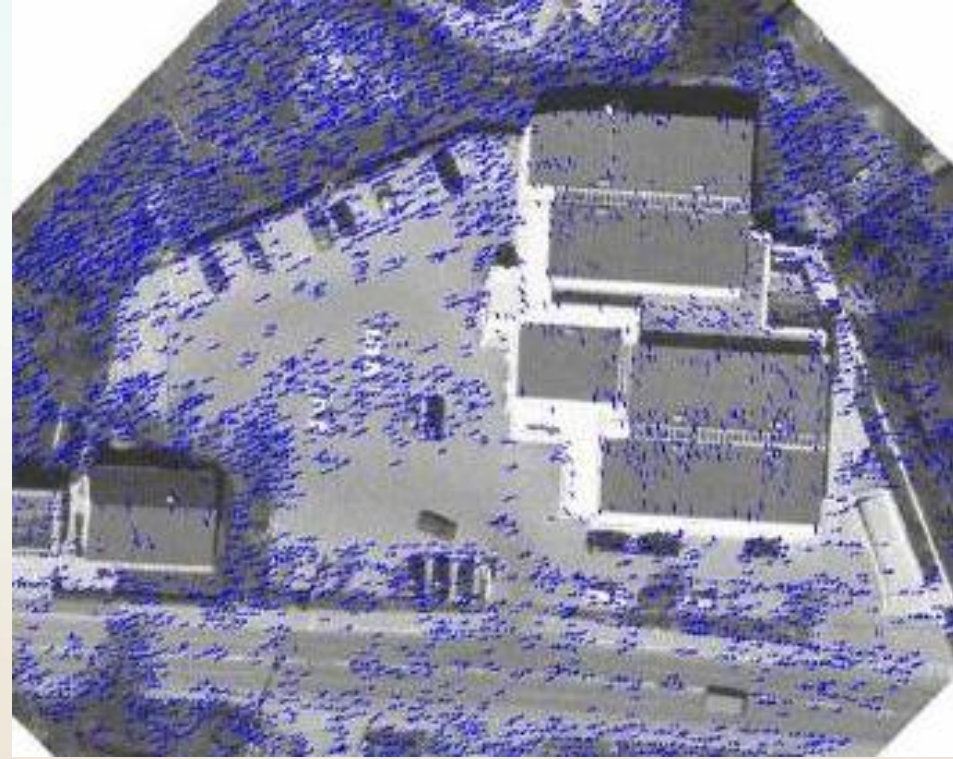
Giriş

- Sayısal fotogrametri yönteminde görüntü eşleme yöntemleri kullanılarak SYM ve YM üretimi otomatik olarak yazılımlarla gerçekleştirilmektedir.
- Otomatik SYM ya da YM üretiminde kullanılan görüntü eşleme algoritmaları çoğunlukla öznitelik tabanlı görüntü eşleme yaklaşımını kullanmaktadır.



Giriş

- Stereo görüntü çiftlerindeki hedef ve arama pencereleri arasındaki maksimum benzerliğin belirlenmesine dayanır.
- Kameranın iç ve dış yöneltme elemanları kullanılarak eşlenen pikselin 3 boyutlu koordinatları hesaplanır
- Stereo görüntülerdeki eğiklik ve dönüklüklerin farklı olması, arazi topografyasındaki ani değişimler, renk ve ton değişimleri görüntü eşleme işleminin başarısını olumsuz etkiler.

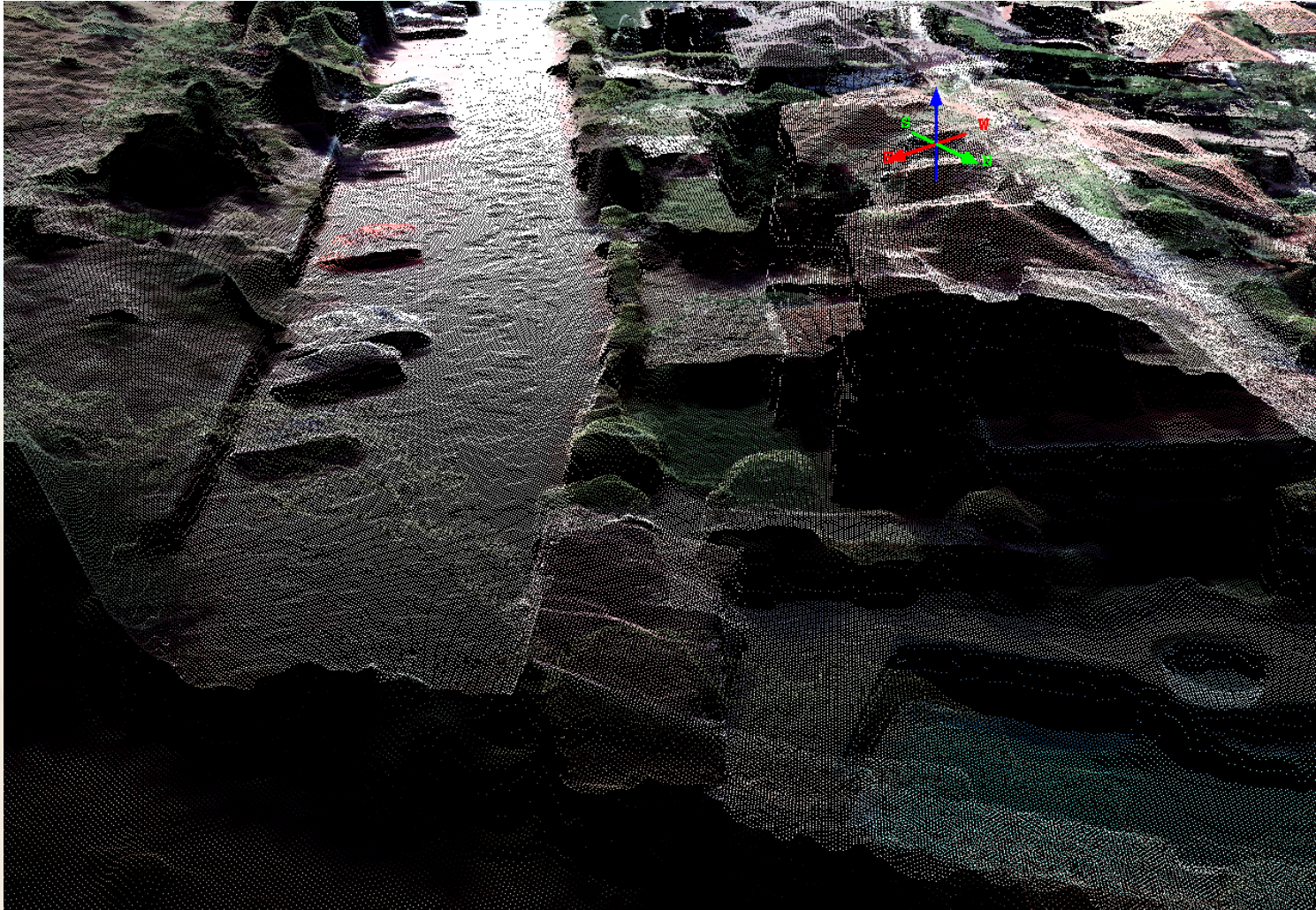


Giriş

- Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak çok sık nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme (GSD) aralığına eşit olabilmektedir.



Giriş



Giriş

- Bu yöntemle, stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri ya da görüntülerdeki tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar, ormanlık alanlar ve kentsel alanlarda da görüntü eşleme işlemi başarı ile gerçekleştirilebilmektedir (Haala, 2013).



Hirschmüller , 2012

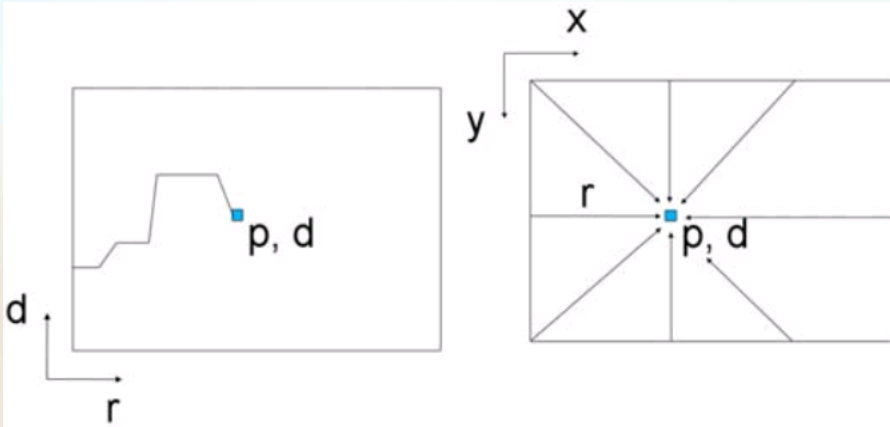
Yoğun Görüntü Eşleme

- Yeni önerilen yaklaşım görüntü penceresinin eşlenmesi yerine görüntüdeki her bir pikselin eşlenmesidir.
- Her bir pikselin eşleme işleminde kullanıldığı “Semi-Global Matching” (SGM) yaklaşımı, eşleme işlemi sırasında tanımlanan global “cost” fonksiyonunun minimize edilmesine dayanmaktadır (Hirschmüller, 2008).
- SGM yaklaşımındaki “cost” fonksiyonu ile eşlenen pikseller arasındaki farklılıkların ölçülmesi yoluyla radyometrik farklılıkların ve gürültünün modellenmesi hedeflenmiştir (Hirschmüller, 2011).

$$E(D) = \sum_p (C(p, D_p)) + \sum_{q \in N_p} P_1 T[|D_p - D_q| = 1] + \sum_{q \in N_p} P_2 T[|D_p - D_q| > 1]$$

Yoğun Görüntü Eşleme

- En büyük yenilik, her bir piksel için eşleme işleminin tek bir yönde yapılması yerine eşleme işlemine konu olan piksele komşu bütün yönlerde yapılmasıdır.



8 arama yönü (Hirschmüller, 2011)

- Yeni yaklaşımın en büyük sınırlaması çok büyük hafızaya ihtiyaç duymasıdır (Hirschmüller vd., 2012).
- Bu sınırlamanın ortadan kaldırılması için uygun çözüm, SGM yaklaşımını esas alan yoğun görüntü eşleme işleminin birbirine paralel işlem yapan çoklu bilgisayar gruplarında yapılmasıdır.

Yoğun Görüntü Eşleme

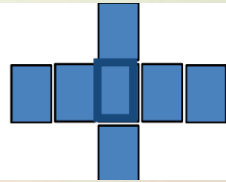
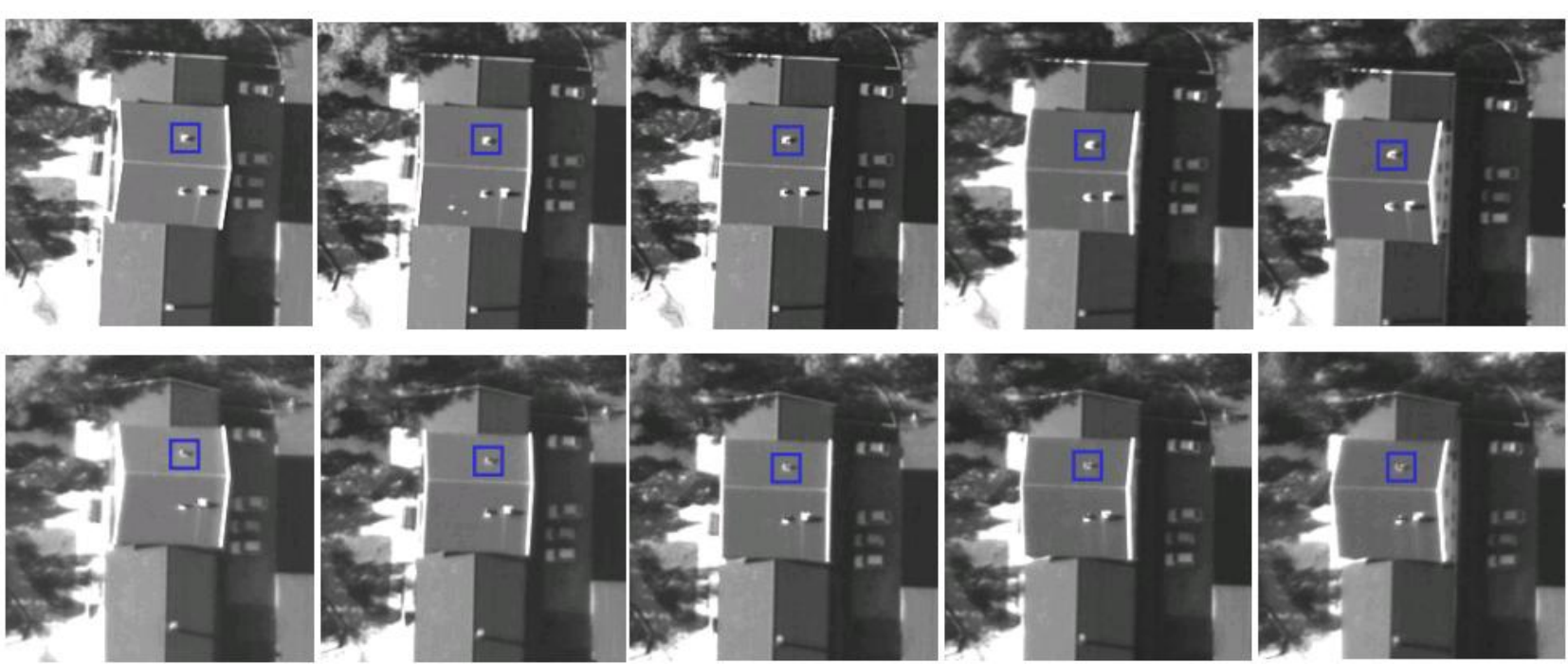
- Yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi için eşleme işlemlerinde grafik işlem ünitesi (GPU) de kullanılmaktadır.



Hirschmüller , 2011

Yoğun Görüntü Eşleme

- SGM yaklaşımı ile yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretiminde %80 boyuna ve %60 enine bindirme önerilmektedir (Hirschmüller vd., 2010).
- Her bir görüntü 6 modelde otomatik eşlenmektedir.



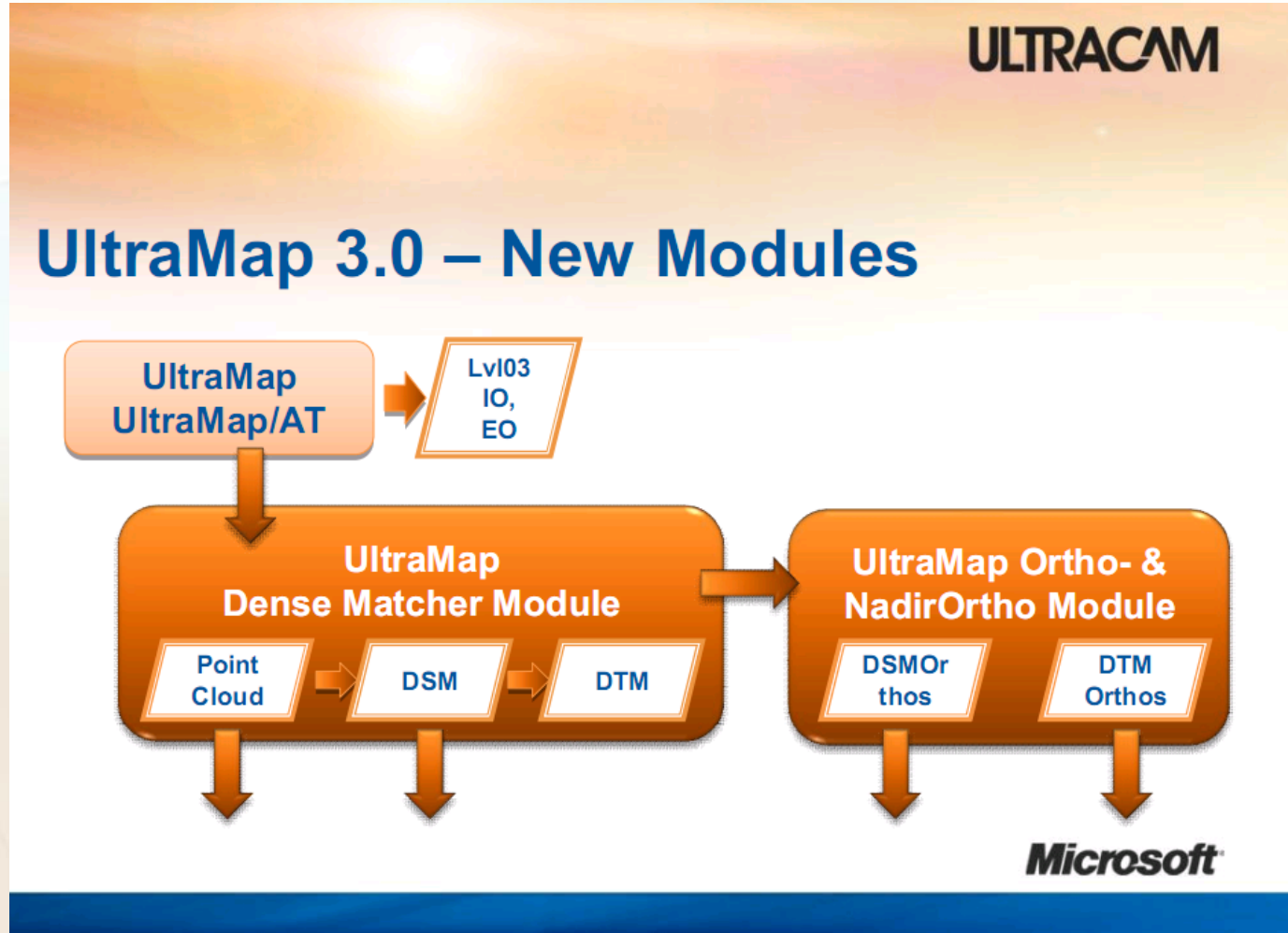
Haala, 2012



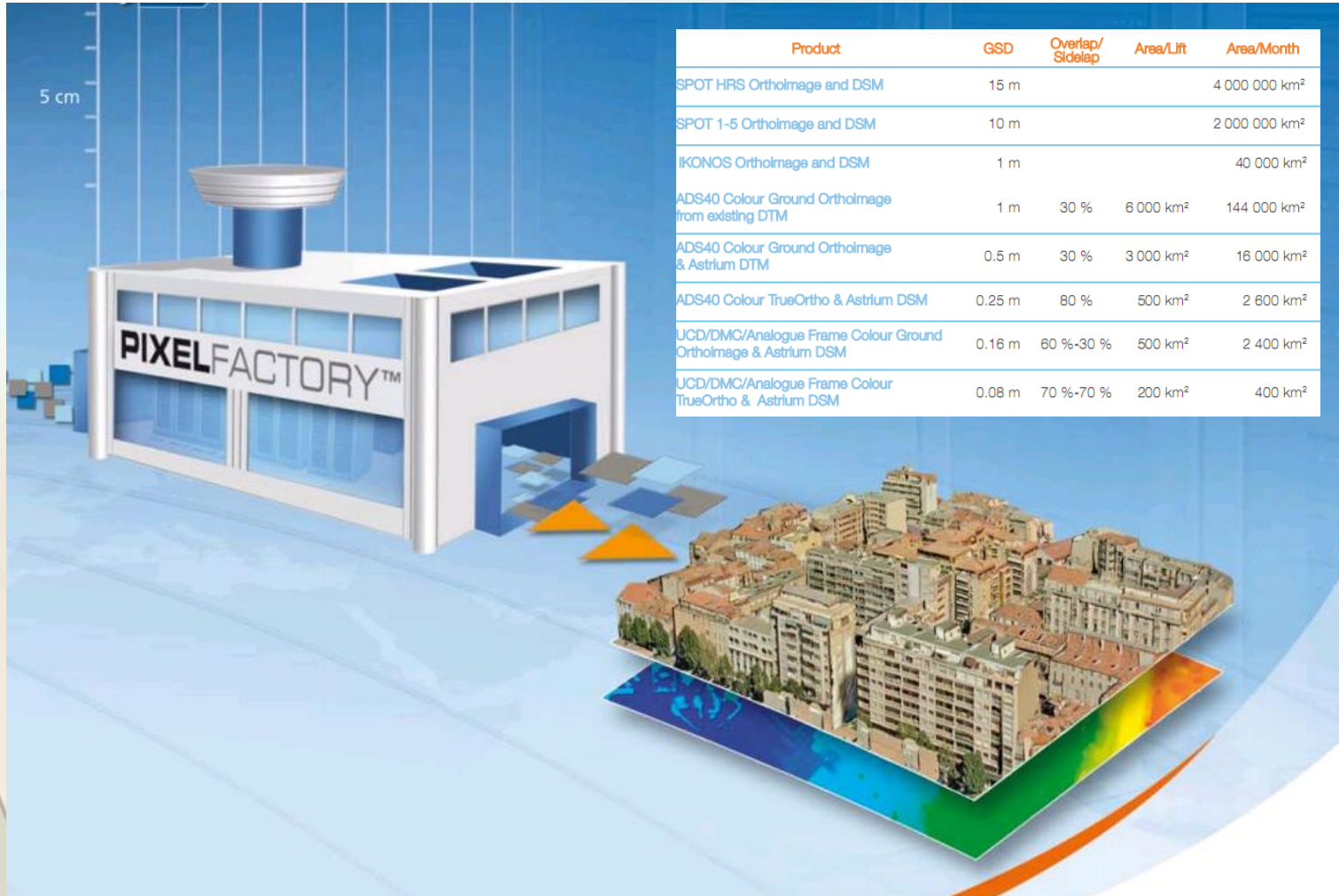
Yoğun Görüntü Eşleme

- Bugün, araştırma enstitüleri ve fotogrametrik yazılım üreticileri tarafından geliştirilen yazılımlar mevcuttur (Haala, 2013).
- Araştırma enstitüleri tarafından geliştirilen yazılımlara örnek olarak;
 - Alman Uzay Ajansı (DLR) tarafından geliştirilen yazılım
 - Fansa IGN tarafından geliştirilen MicMac yazılımıverilebilir.
- Ticari yazılımlara örnek olarak;
 - Microsoft tarafından geliştirilen UltraMap yazılımı
 - Astrium GEO-Information Services tarafından geliştirilen Pixel Factory yazımları gösterilebilir.

Yoğun Görüntü Eşleme



Yoğun Görüntü Eşleme



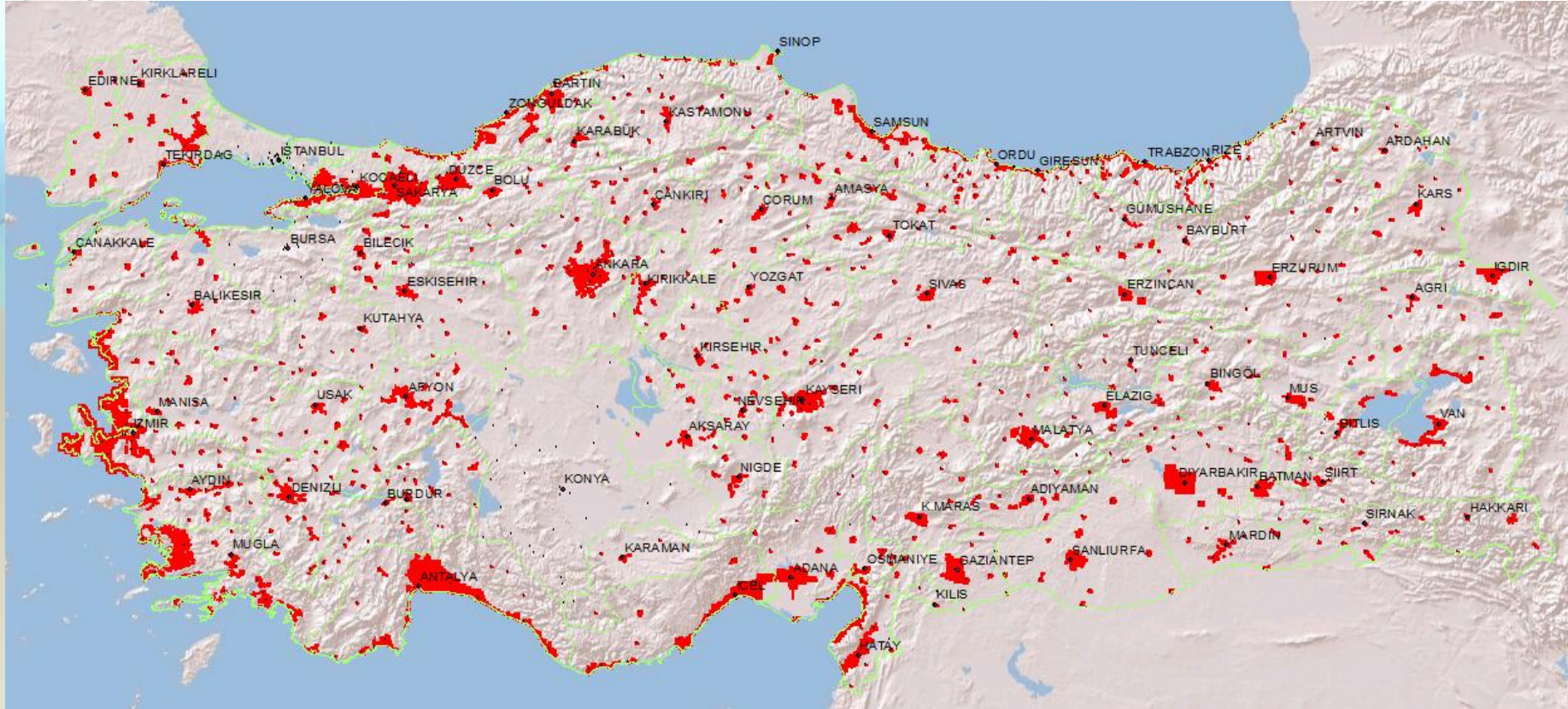
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Test Alanı ve Veri Seti

- Test verisi olarak, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1/1000 ölçekli harita üretimi amacı ile 11 Eylül 2013 tarihinde UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen sayısal hava fotoğrafları kullanılmıştır.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilen Yüksek Çözünürlüklü YM ve Gerçek Ortofoto Üretimi Projesi kapsamında bu veriler sağlanmıştır.



Proje kapsamında üretilecek veriler



Kentlerin yerleşim ve gelişme alanlarını kapsayacak şekilde

- Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli
- 1/1000 ölçekli renkli gerçek (true) ortofotolar

Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Test Alanı ve Veri Seti

Farklı arazi gruplarında yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretim performansının değerlendirilmesi için İstanbul Zekeriyaköy' de bir test alanı seçilmiştir.



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Test Alanı ve Veri Seti

- Test alanına ait hava fotoğrafları UltraCam Xp sayısal hava kamerası ile 11 Ekim 2013 tarihinde 10 cm yer örnekleme aralığında (YÖA) çekilmiştir.
- Boyuna bindirme %70, enine bindirme %40



Panchromatic Camera

Large Format Panchromatic Output Image

Image Format	long track	67.860mm	11310pixel
	cross track	103.860mm	17310pixel
Image Extent		(-33.93, -51.93)mm	(33.93, 51.93)mm
Pixel Size		6.000 μ m*6.000 μ m	
Focal Length	ck	100.500mm	\pm 0.002mm
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000 mm	\pm 0.002mm
	Y_ppa	0.180 mm	\pm 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Test Alanı ve Veri Seti

- Dış yöneltme elemanları 1/1000 ölçekli fotogrametrik harita üretim projesi kapsamında fotogrametrik nirengi yöntemi ile belirlenmiştir.
- UltraMap yazılımı ham görüntülere ihtiyaç duyduğu için ham görüntüler kullanılmıştır.
- Performans değerlendirmesi amacıyla İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hava LiDAR Teknolojisiyle Sayısal Yüzey Modeli ve 3 Boyutlu Kent Modeli Projesi kapsamında 2013 yılında üretilen 16 nokta/m² nokta yoğunluğuna sahip YM'ler referans veri olarak kullanılmıştır.

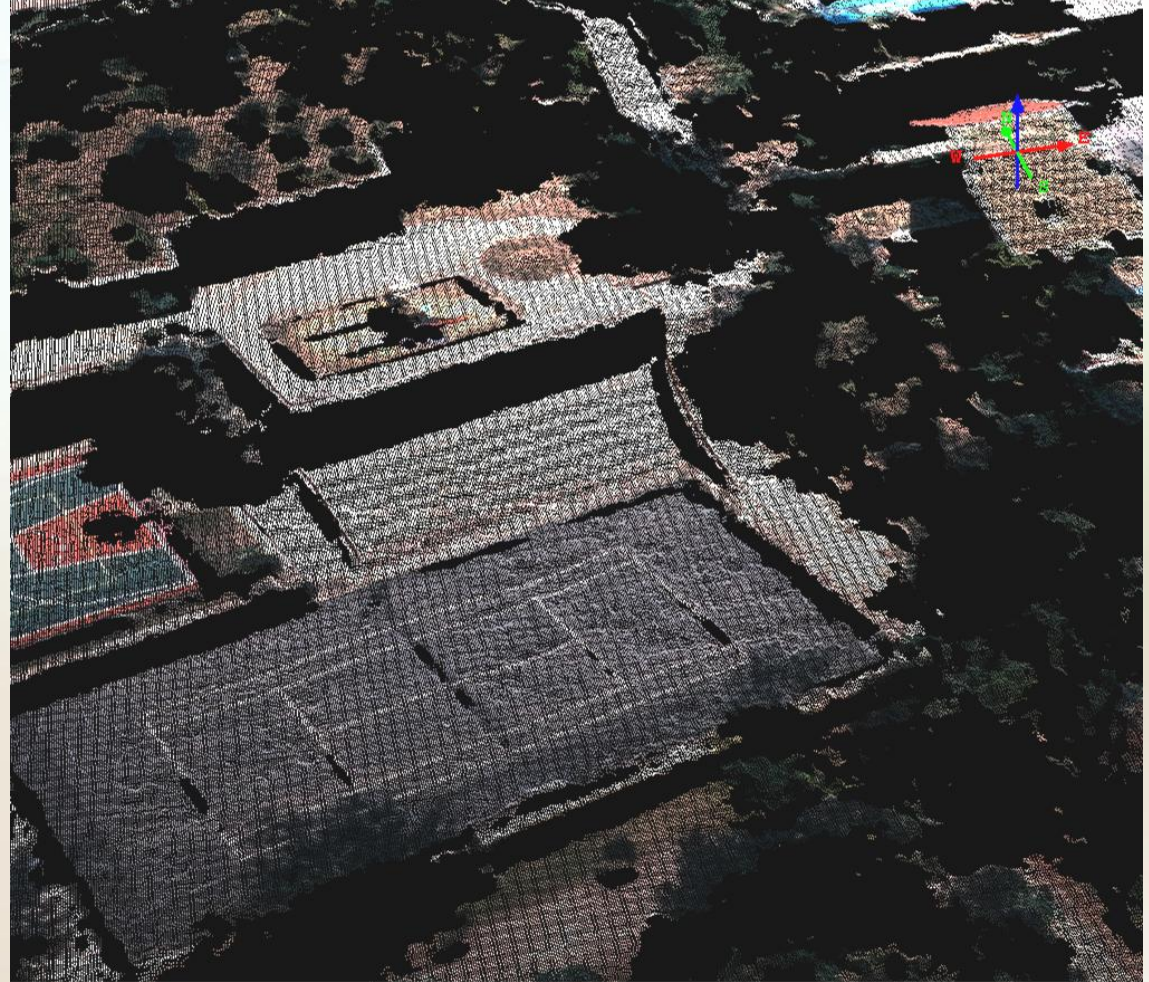
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

UltraMap yazılımı ile 10 cm grid aralıklı üretilen sayısal yüzey modeli üretimi



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

UltraMap yazılımı ile 10 cm grid aralıklı üretilen sayısal yüzey modeli üretimi



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

DLR yazılımı ile 10 cm grid aralıklı üretilen sayısal yüzey modeli üretimi



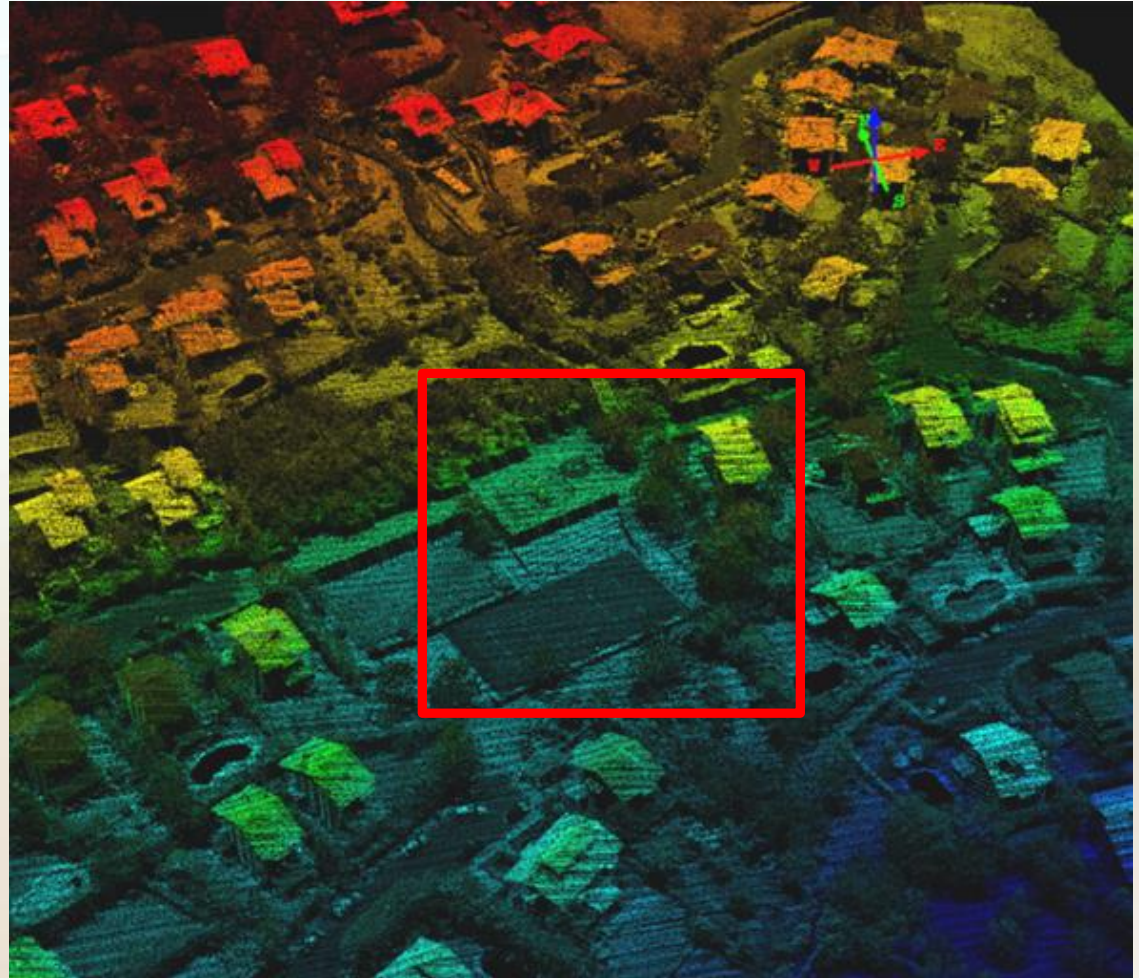
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

DLR yazılımı ile 10 cm grid aralıklı üretilen sayısal yüzey modeli üretimi



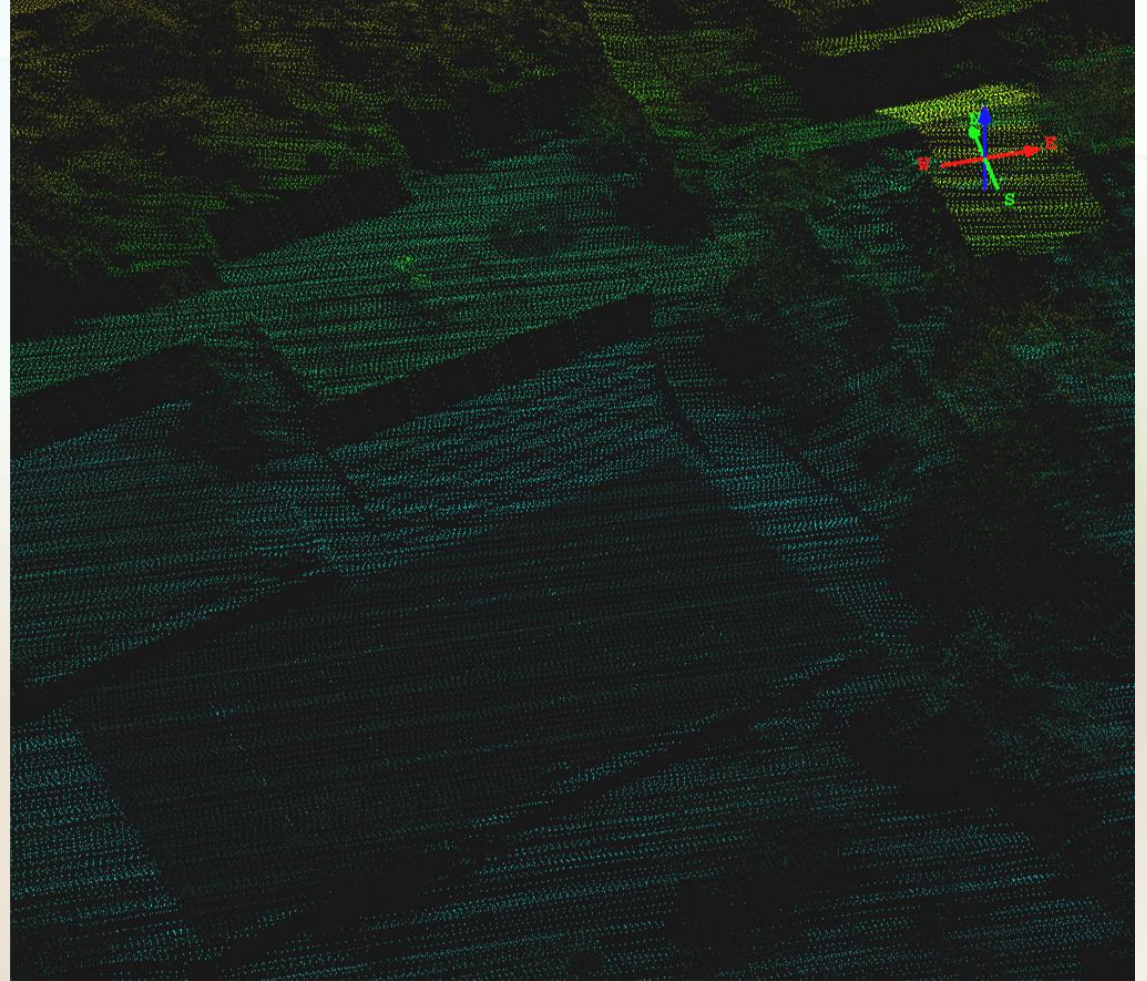
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Referans LiDAR nokta bulutu



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Referans LiDAR nokta bulutu





Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

- UtraMap ve DLR'ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelleri :
 - LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden çok daha yoğun nokta içermektedir
 - Kentsel alanlarda bina, ağaçlık alan ve çim alanı gibi tekrarlı yapıların bulunduğu alanlarda nokta bulutu üretimini başarıyla gerçekleştirmiştir
 - LiDAR ile üretilen sayısal yüzey modelinden çok daha homojen olarak dağılmaktadır.

Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

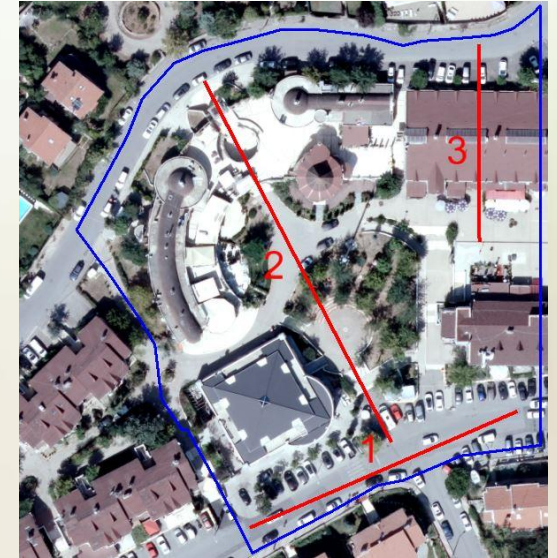
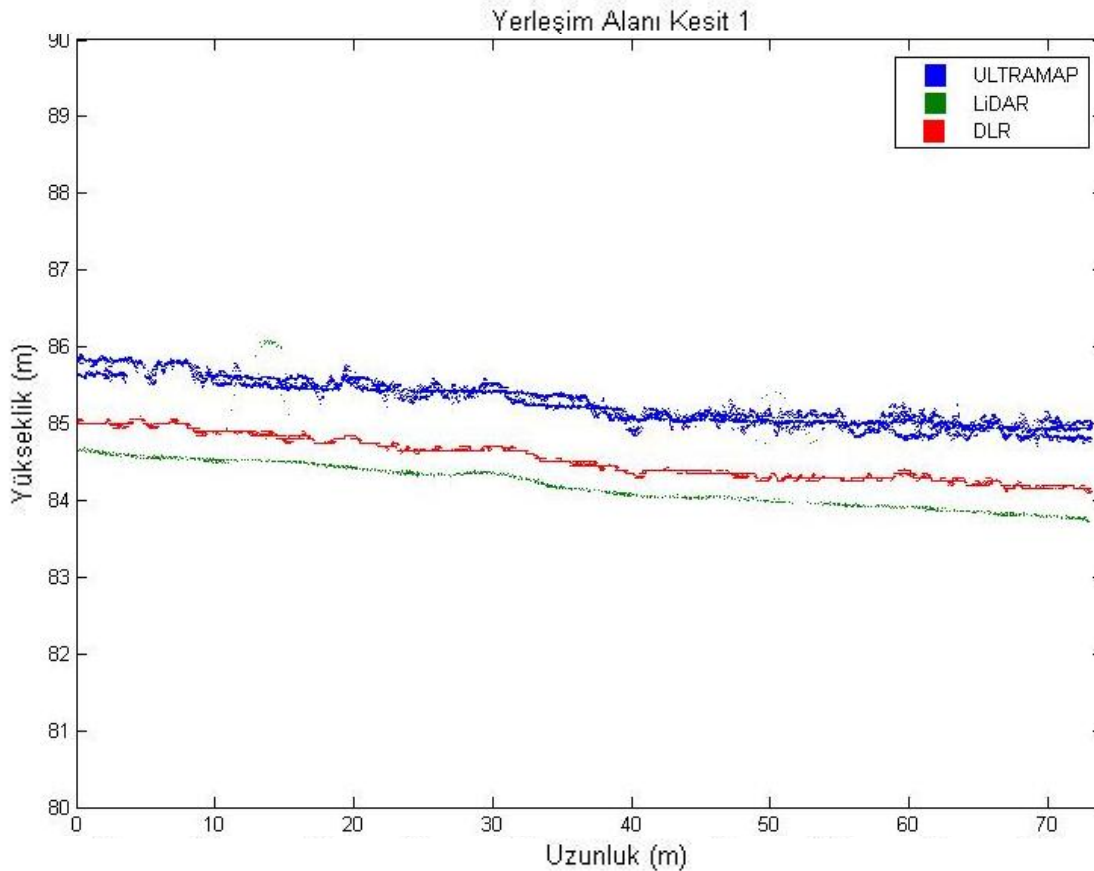
Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi

- İstanbul, Zekeriyaköy test alanında 3 adet kesit doğrultusu belirlenmiştir.
- Her bir kesit doğrultusu için sayısal yüzey modellerinden alınan kesitler üst üste bindirilmiştir.



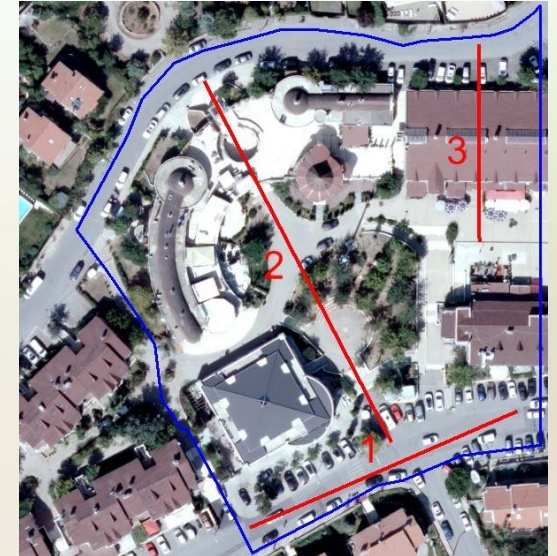
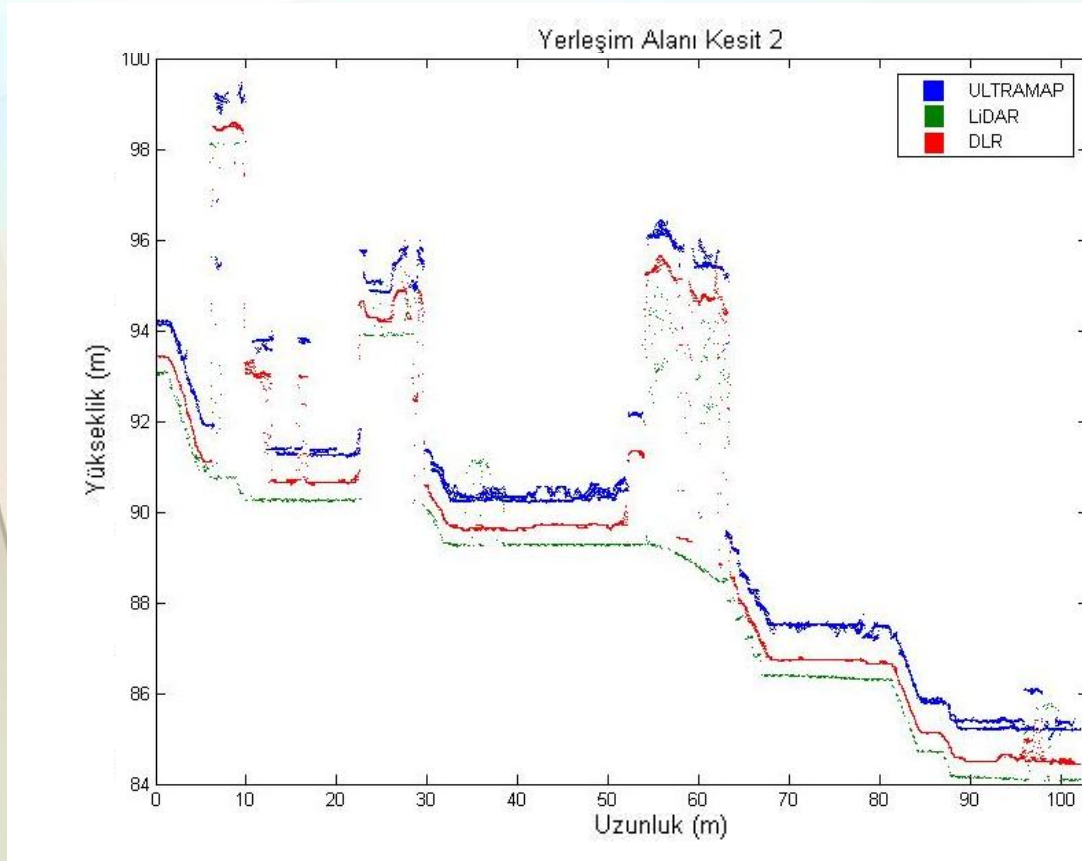
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi



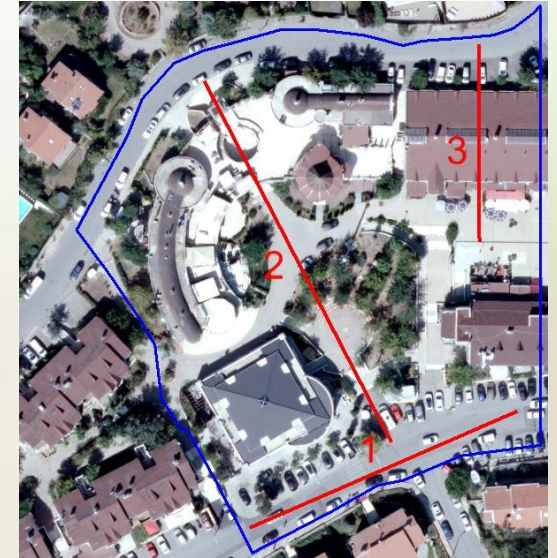
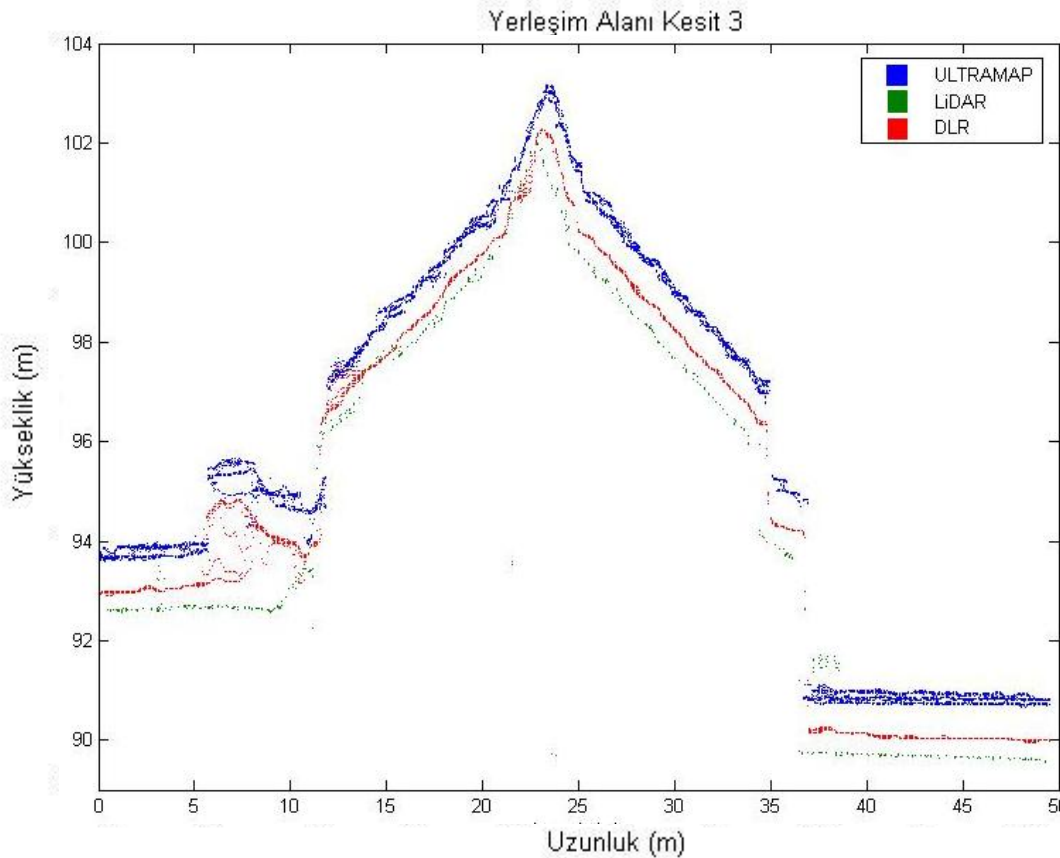
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi



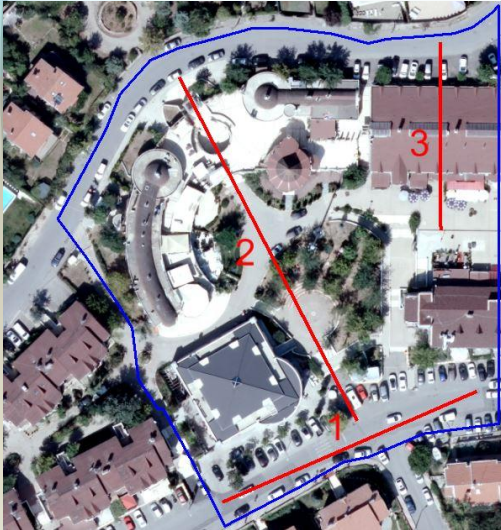
Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi

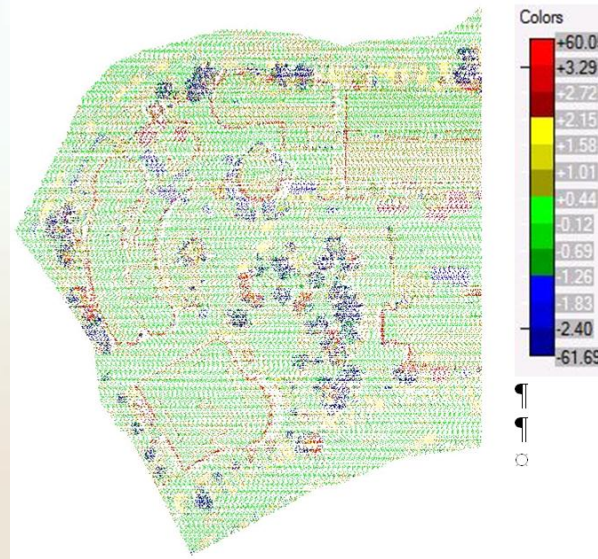


Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

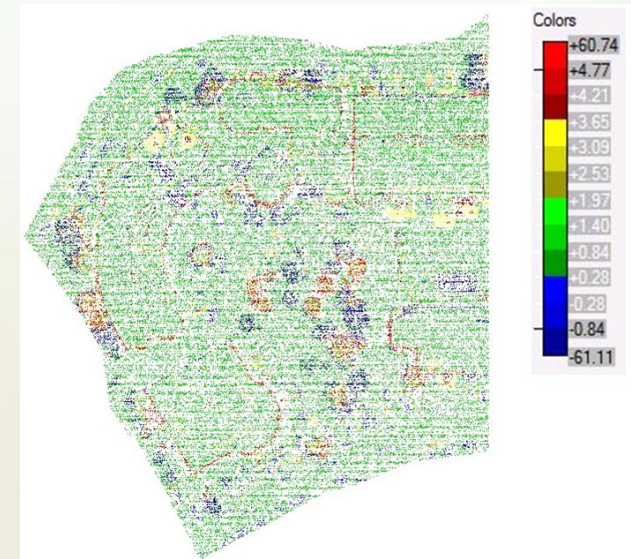
Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi



Test alanı



DLR YM - LiDAR



UltraMap YM - LiDAR

Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi

- Daha detaylı analiz için;

- Açık alan
- Kentsel alan
- Ormanlık alan

nitelikli test alanlarında üretilen DLR ve UltraMap Sayısal Yüzey Modeli ile LiDAR verileri karşılaştırılmış ve farklara ilişkin standart sapma ve karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır.

Arazi sınıfları	DLR DSM		UltraMap DSM	
	Standart sapma	KOH _z	Standart sapma	KOH _z
Açık alan	0.96	0.983	0.906	1.332
Kentsel alan	2.074	2.088	2.008	2.325
Ormanlık alan	5.382	6.177	4.552	5.563

3 sigma'dan büyük değerler elimine edildiğinde

Arazi sınıfları	DLR DSM		UltraMap DSM	
	Standart sapma	KOH _z	Standart sapma	KOH _z
Açık alan	0.316	0.431	0.347	1.048
Kentsel alan	1.597	1.610	1.487	1.802
Ormanlık alan	4.613	5.322	3.812	4.807



Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi

- DLR yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modelinden alınan kesitler ile LiDAR sayısal yüzey modelinden alınan kesitlerin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir.
- Ağaçların bulunduğu kısımlarda LiDAR' ın sayısal yüzey modelindeki çoklu yansıma özelliği sebebiyle farklı yükseklik seviyelerindeki dağınık nokta bulutu dikkat çekmektedir.
- Gerek UltraMap ve gerekse DLR' ın yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modellerinde ağaçların bulunduğu kısımların tepelerinde nokta bulutu üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi

- Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen nokta yoğun nokta bulutu aynı zamanda renk bilgisi de taşıdığından bu verilerle 3 boyutlu kent modelleri kolaylıkla üretilebilir.



DLR yazılımı ile üretilen sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen 3 boyutlu kent modeli

Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi



Sonuçlar

- Bu çalışmada, İstanbul, Zekeriyaköy test alanına ait UltraCam Xp hava kamerası ile çekilen hava fotoğrafları ve veri seti kullanılarak yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi UltraMap yazılımı ve DLR'ın yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.
- 10 cm YÖA'na sahip sayısal fotoğraflar ile yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile 10 cm grid aralığına sahip yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.
- Test alanında özellikle klasik görüntü eşleme algoritmalarının problem yaşadığı bina ve ağaçlık alan ve çim alanı tekrarlı yapıların bulunduğu alanlarda nokta bulutu sorunsuz üretilmiştir.



Sonuçlar

- Elde edilen sonuçlar, yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile orijinal hava fotoğrafındaki her bir piksel için 3 boyutlu nokta bulutu üretiminin başarıyla gerçekleştirilebileceğini göstermiştir.
- Yoğun görüntü eşleme algoritmaları ile üretilen yüksek çözünürlüklü sayısal yüzey modeli, ortofoto ve gerçek ortofoto üretiminde ve 3 boyutlu kent modeli üretiminde başarı ile kullanılabilir.
- LiDAR gibi başka bir algılama sistemine ihtiyaç kalmadan sadece fotoğraflarla yerleşim alanlarının 3 boyutlu kent modelleri yoğun görüntü eşleme yazılımları ile üretilebilir.



Teşekkürler...