

1. GİRİŞ

20. yy boyunca, fotogrametri; geniş yüzeyli anıt eserlerin ve kompleks yapıların (heykeller, camiiler gibi) belgelenmesi ve geometrik gösterimi için özel bir teknik olmuştur. Bir yüzey çeşidinden ibaret olan, genellikle birkaç çukur ve eğrilerden oluşmuş hassas ve kırılgan nesneler, fotoğrafik görüntüleme ile bir bağlantı metodu olmaksızın analog ya da 3 boyutlu sayısal formda düzeltilebilmektedir. Her nasılsa, nesnenin karmaşıklığı ile 3 boyutlu fotoğraf sınırı nesnenin detay alımı için elde edilen hassasiyeti etkileyen dolaylı bir yolda birkaç sınırlama getirmiştir. (Ch. Ioannidis, Maria Tsakiri, Athens, Greece)

3 boyutlu yersel lazer taramadaki son gelişmeler, bu tekniğin mimari ve arkeolojik alımlar için güçlü bir potansiyeli olduğunu gösterir. Avantajları; heykeller gibi karmaşık nesnelerin alımı için son derece özellikleri ortaya çıkarıcıdır. Lazer tarama tekniği kullanarak destekleyen sonuçlarla sunulan uygulama örnekleri Adolfson (1997), Beraldin vd (2000), Levoy vd (2000), Rocchini vd (2001) ve Henz (2002) de bulunmaktadır.

Laser İngilizce; Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış ışın salınımıyla ışığın kuvvetlendirilmesi) cümlesinde geçen kelimelerin baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir.

Lazer, 1960 senesinde ABD’de Theodore H. Maiman tarafından keşfedilmiştir. Lazer ışını foton yayılmasından ibarettir ancak lazer ışığı yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli, hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan oluşan uyarılmış bir ışımadır.

“Bina, anıt eser gibi mühendislik ve mimari yapıların yanı sıra yol, köprü gibi mühendislik yapılarının 3 boyutlu modellemeleri geleneksel fotogrametri yöntemi ile yıllardır yapılmaktadır. CAD verileriyle modelden bilgi elde etmek, modelleme ve düzeltmeler kolay yapılabilmektedir. Günümüzde yersel lazer tarama sistemleri ölçeğe bağlı kalmadan modelleme yapabilmektedir. Artık lazer taramanın fotogrametrik yöntemle alternatif olup olmadığı tartışılırken birlikte kullanımı yaygınlaşmıştır.”

Bu çalışma ile yersel lazer tarayıcı ile toplanmış olan Hamidiye Camii cephelerinin nokta bulutu verilerinin işlenmesi, modellenmesi ve elde edilen modelin CAD ortamında sunumu, buna ilave olarak alımı yapılamayan kısımlar için en uygun hangi yöntemlerin kullanılabileceğinin irdelenmesi hedeflenmiştir.

2. YERSEL LAZER TARAYICILAR

Lazer tarayıcılar nesne yüzey verisini 3 boyutlu koordinat olarak elde etmektedirler. Her saniyede binlerce nokta verisi elde edebilen otomatik ve sistematik bir işlem akışına sahiptirler.

Tarayıcı ayrıca taranan nesne yüzeyinin yansıma değerlerini de 3 boyutlu koordinatlara ek olarak sağlayabilmektedir.

3 boyutlu tarayıcılar; yerinde durarak sabit konumda işlem yapan (üretim hatları gibi işlem yapan), bir tripod gibi bir düzeneyle işlem yapanlar (close-range), topografik uygulamalar için kullanılan airborne sistemler olarak sınıflandırılabilirler.

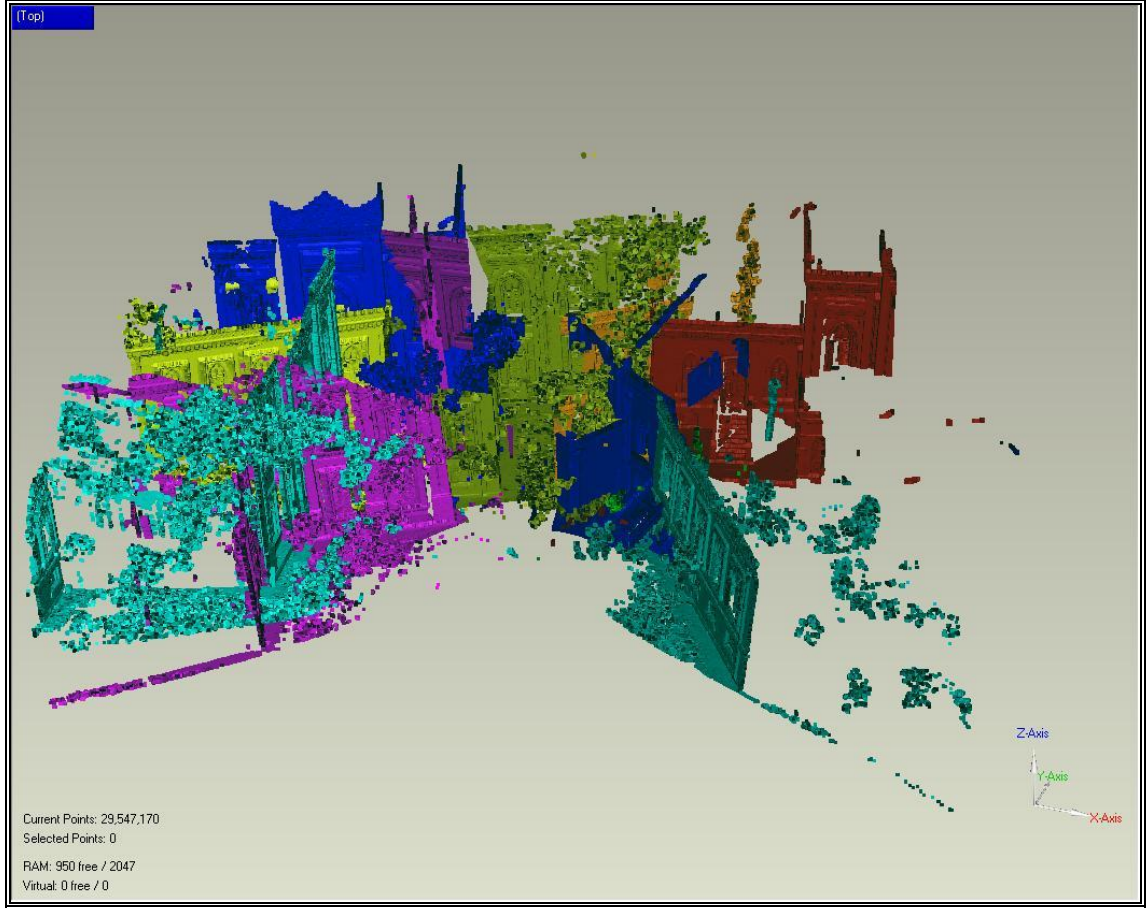
Eğer etkileyici bir mimari yapı, mühendislik yapısı veya endüstriyel bir boru hattının geometrisi elde edilmek isteniyorsa, geleneksel olarak jeodezik veya fotogrametrik ölçüm yöntemlerinden biri seçilecektir.

Jeodezik bir yöntemde prizmasız bir total station kullanılarak karakteristik noktaların en azıyla teknolojik aletler kullanılsa bile arazideki ölçüm işi uzun zaman alacaktır. Aynı zamanda alanın sadece iki boyutlu izdüşümü elde edilmekte ve eş zamanlı sunumu imkansız olmaktadır. Geometrik modelleme ve işleme ofiste yapılmaktadır. Fotogrametride ise en az iki farklı istasyondan sayısal metrik kamerayla resim elde etmek suretiyle görüntü alımında zaman kazancı vardır. Modelleme ise operatörün becerisine bağlıdır. Bağlı dönüşümler için resim ve kamera ortaya konulmalıdır. (Boehler, 2002)

Üç boyutlu lazer tarayıcı objeyi bir lazer ışınıyla seçilebilir bir grid yoğunluğuna göre taramaktadır. Hedef noktasıyla eğik mesafeyle beraber yatay ve düşey açı da kaydedilmektedir. Çok kısa sürede binlerce üç boyutlu vektör yaratılmaktadır, taranan obje 3 boyutlu koordinat uzayında büyük bir grid formunda gösterilmektedir.

Bu yüzden üç boyutlu lazer tarayıcıya 1:1 sayısallaştırıcı da denmektedir.

Tarama işlemi sonucu oluşan nokta bulutu bilgisayar ekranında eş zamanlı gösterilmektedir. Şekil 2.1 de de görüldüğü üzere kullanılan tarayıcı tipine bağlı olarak nokta mesafesine göre nokta bulutu renkli olabilir veya bir yoğunluk değeri gösterebilir.



Şekil 2.1: Renklendirilmiş Nokta Bulutu örnekleri

Nokta bulutu tarama işlemi süresince istenen mesafe ve perspektifte döndürülebilmektedir, uygun olmayan noktalar kolayca elimine edilebilmekte, ölçümler bulutun iki noktasından yararlanarak yerine getirilebilmekte, bu yolla kalite kontrol olanaklı hale gelmektedir. Nokta bulutunun doğru parçalarından faydalanılarak en iyi CAD modelleri oluşturulabilmektedir.

Bu yeni yöntem tüm yapılar için bir ters mühendislik uygulamasını olanaklı hale getirmektedir. Sonuç olarak tarama işlemi ile CAD modeline doğrudan bağlantı sağlanmaktadır. Modelleme planları ve zor envanterler sayısal olarak ifade edilebilmektedir. Özellikle eski binaların restore edilmesinde yeni yöntem, diğer yöntemlerle de bütünleşme sağladığından hızla kabul görmüştür.

Kültürel varlıkların metrik olarak belgelendirilmesi yakın alım uzaklığı uygulamalarındandır. Nesneler küçük heykelciklerden binalara kadar farklılık göstermektedir. Düzensiz şekiller ve yüzeyler sıklıkla karşı karşıya kalınan bir durumdur. Bunların belgelendirilmesinde de zaman önemli bir faktör olarak görülmektedir. Uzun zamandır fotogrametri sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur.

2.1 ÇALIŞMA İLKESİ:

2.1.1 Lazer Işının Geliş Gidiş Zamanıyla İşlem Yapan Tarayıcılar

Tarayıcı nesneye lazer ışını gönderir, yayılan ve yansıyan lazer ışınlarının gidiş dönüş zamanları yardımıyla aradaki mesafe hesaplanabilmektedir. Bu prensip aynı zamanda elektronik takeometrelerden de bilinmektedir. Tarayıcılar lazer ışınının açısız yön sapmasını engellemek için küçük dönme araçlarına sahiptirler. Bu tip tarayıcıların standart sapmaları birkaç mm olmaktadır. Alım uzaklığı kısaldıkça bu değer bütün nesne yüzeyi için aynı olmaktadır. Üç boyutlu doğruluk derecesi de lazer ışınının açısız çözünürlüğüne bağlıdır.(Boehler, 2002)

2.1.2 Faz Karşılaştırma Metoduyla İşlem Yapanlar

Bu metod da elektronik tarayıcılardan iyi bilinmektedir. Bu yöntemde lazer ışını harmonik hareketle oluşturulmaktadır ve mesafe giden ve geri gelen dalgaların faz farkından hesaplanmaktadır. Kullanıcı açısından tarayıcıların bu yöntemle çalışması önemli değildir. Daha karmaşık sinyal yapısı kullandığı için doğruluk derecesi daha iyi olabilir. (Boehler, 2002)

2.1.3 Üçgenleme Prensibiyle Çalışan Tarayıcıları

2.1.3.1 Tek Kamera Çözümü

Bu tarayıcı basit bir ışın yayma düzeneği içerir ve nesne üzerinde belirlenmiş baz sonunda aniden yayılma açısı değişmektedir ve diğer yandan CCD kamera bu baz üzerindeki lazer ışını saptamaktadır. Yansıyan yüzeyin üç boyutlu konumu bu CCD kamera tarayıcı ve nesne arasında oluşturulan üçgen problemi ile çözülmektedir. Nesne ve tarayıcı arasındaki mesafenin doğruluk derecesi mesafenin karesiyle orantılıdır. Baz uzunluğu değişmeyeceği için bu tip tarayıcılar kısa mesafe ve küçük nesneler için iyi sonuç sağlamakta ve lazer ışınının gidiş dönüş prensibiyle ölçüm yapan tarayıcılardan daha doğru işlem sağlamaktadırlar. (Boehler, 2002)

2.1.3.2 İki Kameralı Sistem

Bu tip tarayıcılar iki CCD kamerası kullanırlar ve her biri bir başka baz uzunluğu sonuyla işlem yapmaktadırlar. Işın veya doku bir ölçüm işlevi içermeyen ayrı bir ışın düzeneği ile elde edilir. Geometrik bağıntılar tek kameralı sistemle aynıdır. Aynı doğruluk derecesi elde edilir. (Boehler, 2002)

2.2 Tarayıcıların Genel Özellikler

2.2.1 Genel:

Kullanıcıların tarayıcıları kıyaslarken genellikle doğruluk derecelerine bakmalarına rağmen uygulama için diğer özelliklerin ve kültürel varlıkları tarama kabiliyetini göz önüne almaları gerekmektedir. (Boehler, 2002)

2.2.2 Hız:

Yüksek çözünürlük için zamana bağlı olarak nokta taranabilmektedir. 100 nokta/saniye ile 1000 nokta/saniye kabul edilebilir normal hız sayılmaktadır. (Boehler, 2002)

2.2.3 Çözünürlük ve Işın Boyutu:

Nesne çözünürlüğü teorik olarak lazer ışınının açısal çözünürlüğüne ve yansıyan ışının nesne üzerindeki alanına bağlıdır. Yüksek çözünürlüğün istendiği durumlarla lazer ışınının sağlayabildiği en iyi odaklama kabiliyeti dikkatlice saptanmalıdır. (Boehler, 2002)

2.2.4 Alım Uzaklığı Sınırlamaları ve Radyasyon Etkisi:

Lazer tarayıcılar için verilen alım uzaklığı özelliklerinin pek çok parametreye bağlı olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Bunlar; nesne yüzeyinin yansıma özelliğine, doğrudan güneş ışını almalarına ve ek olarak yansıyan güneş ışınına, nesne üzerindeki yapay radyasyona, nesne yakınındaki radyasyon kaynaklarına bağlıdır. Genel olarak faz farkı prensibini kullanan tarayıcılarda CCD üzerinde sinyal saptanması ve faz farkı ölçümleri daha duyarlı olmasına karşın ışın zamanı prensibini kullanan tarayıcılar nispeten daha kuvvetlidir ve gece de ölçüme olanak sağlamaktadırlar. (Boehler, 2002)

2.2.5 Görüş Alanı:

Motorlu dönüş sistemleri bulunmayan tarayıcılarda FOV (görüş açısı) sınırlayıcı bir unsurdur. Genellikle 40 × 40 derecelik bir alanda işlem yapabilmektedirler. Tek eksenli tarayıcılar MENSİ SOISIC gibi (Boehler, 2002)

2.2.6 Kayıt Araçları

Her tarama işlemi farklı bir konumdan gerçekleştirilmişse bunların tek bir koordinat sisteminde kaydı yapılarak bütünleştirilmesi gerekmektedir. Nesne üzerinde bazı hedef noktaları tarama yazılımlarında kolayca saptanıp bu işlem uygulanabilmektedir. Bazı sistemler kendi özel hedef noktalarını kullanmaktadırlar. Bu hedef noktaları aynı zamanda takeometrik ve fotogrametrik hedef noktaları olarak da uygundur. (Boehler, 2002)

2.2.7 Kameralar

Çoğu uygulama nesne üzerinde doku (texture) bilgisini içermektedir. Görüntülerin model üzerine uygulanmasıyla gerçekçi modeller sağlanabilmektedir. Bazı tarayıcılar geri dönen yansıma yoğunluğunu da ölçmektedirler. Bazıları ise doku haritalaması için yeterli kameraya sahip değildirler. Üçgenleme prensibiyle çalışan tarayıcılarda kameranın ışın konumunu bulup belirlemek için doku eklemek uygun olmamaktadır. Yüksek kaliteli görüntü sağlamak için bugün için kamerayı bir tarayıcıya bağlamak uygun çözüm olarak görünmektedir. Bu durumda kamera ve tarayıcının ilgili konumları tarama sonuçları ve görüntülere dayalı olarak kalibre edilmektedir. (Boehler, 2002)

2.2.8 Taşıma Kolaylığı

İdeal olarak tarama sistemi taşınabilir ve küçük olmalıdır. Fakat günümüzde çoğu sistem oldukça ağırdır. Özellikle yerleşim yerlerinden uzakta kültürel nesne uygulamalarında güç birimlerinin de birlikte taşınması önemli bir sorun olmaktadır. (Barber, 2001)

2.2.9 Tarayıcılar Arasında Temel Yapısal Farklılıklar

- ☞ Kamera benzeri tarayıcılar ve panoramik tarayıcılar
- ☞ Mesafe spektrum (min 1-2 m ve 25-800 m max)
- ☞ Hassasiyet (6mm-25mm)
- ☞ Hesaplama ve modelleme için sağlanan yazılımın verimi
- ☞ Ekstra bilgi sağlıyor mu?

gibi birtakım başlıklara göre tarayıcılar arasındaki yapısal farklılıklar incelenebilir.

Tarayıcılar, önceden belirlenmiş ve açışal alanda yönlendirilmiş video kamera kullanılmaktadırlar. Panoramik tarayıcılar düşey eksen etrafında düşey profilleri tararken dönmektedir. Lazer tarayıcının stratejik avantajı karanlıkta da çalışabilmesidir.

2.2.10 Tarayıcı Bileşenleri

Bir yersel lazer tarayıcı sistemi (TLS) şu bileşenlerden oluşur :

- ☞ Tarama ünitesi (tarayıcı)
- ☞ Kontrol ünitesi
- ☞ Güç kaynağı
- ☞ Tripod ve Sehba



Şekil 2.2 : MENSİ GS 100 Yersel Lazer Tarama Sistemi

Tarayıcı ünitesi, boyut olarak bildiğimiz ölçü aletlerinden daha büyük bir yapıdadır. Şekil 2.2 de görüldüğü üzere bir Yersel Lazer Tarayıcının öz bileşeni tarama ünitesidir. Bu bileşen basitçe direkt 3 boyutlu veri yakalamak için kullanılan sistemdir.

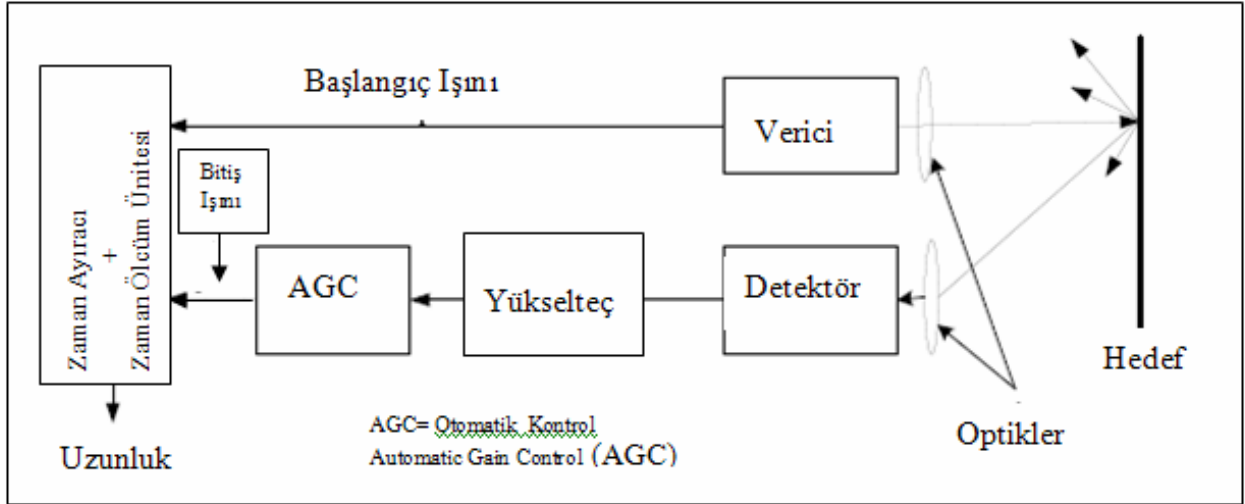
Bir lazer tarama ünitesi iki bileşenden meydana gelir. (WEHR ve LOHR 1999):

- Lazer telemetresi (Lazer uzunluk ölçme sistemi)
- Lazer ışın saptırma ünitesi (Optik mekaniksel tarayıcı)

2.2.11 Lazer Telemetresi

Bir lazer telemetresi şunlardan oluşur :

- ☞ Bir verici (Transistorlü lazer veya yarı geçirken lazer diyot)
- ☞ Alıcı kanal (Otomatik Algılama kontrolü (AGC), detektör, yükselteç)
- ☞ Zaman ayırıcısı ve zaman ölçümü ünitesi (Dijital çevirici (TDC))
- ☞ Verici ve alıcı optikleri



Şekil 2.3 : Tipik atımlı lazer telemetrenin blok düzeneği

Lazer vericisi, biri alıcıya gönderilen ve zaman ölçüm ünitesini başlatan, diğeri objeye gönderilen iki parçaya ayrılmış başlangıç lazer atımı yayar. Şekil 2.3 te düzenekte görüldüğü üzere dedektör, obje yüzeyinden geri saçılmış lazer sinyallerinin algılanmasında kullanılır. Taranmış objenin yüzeyine erişildiğinde lazer atımı geri saçılır ve bir kısmı dedektöre geri döner. Lazer atımının parlak gücü, elektrik akımında dönüştürülür. Alınan güç miktarı ses sinyali oranını ve mesafe duyarlığını etkilediğinden dolayı bu ilişkiyi analiz etmek önemlidir. Bahsedildiği gibi yayılmış lazer gücünün bir bölümü tarayıcıya dönecektir. Alınmış lazer gücü, verilmiş gücün çok küçük bir parçasıdır ve hedef yansımadaki değişikliklere bağlıdır. Otomatik algılama kontrolü (AGC) vasıtasıyla zaman ölçümü ayarlanarak, alınmış atımın dinamikleri, optik veya elektriksel azaltıcı tarafından fark edilebilir. Lazer atımının geri saçılmış parçası, tespit edildikten sonra, zamanlamayı çalıştıran ve zaman ölçümü ünitesini durduran zaman ayırmacısına yollanır.

Lazer telemetrelerde kullanılan değişmez parça ayrımı (CFD) tekniği kullanılarak, dönüş atımı iki parçaya bölünür bir parça geciktirilir. Daha sonra geciktirilmiş ve geciktirilmemiş atımların ana ve diğer kenarları, atımın yarı genişlik noktasından geçerken zamanlama çalıştırılır. CFD kullanımı dönüş atımının şekli ve genişlik değişimi tarafından kaynaklanan zamanlama hatalarını siler ve mesafe duyarlığını artırır. Atımın yayılımı ve yüksek frekans osilatörü ile sayılan saat atımları numarası tarafından TDC ile ölçülen atımın geri saçılmış parçasının alınması arasındaki zaman

aralığının (t) belirlenmesinde, analog iç değerlendirme metodu ile dijital sayım tekniği kullanılır(Amann et al 2001). Hedefin tarayıcıya olan uzaklığı şu şekilde hesaplanır :

$$R = c \cdot t / 2$$

Atımlı lazer telemetreleri için belirli maksimum duyarlılıklı mesafe (Rmax) şunlara dayanır :

- ☞ TDC nin maksimum erimi (bit sayısı)
- ☞ Obje yüzeyi yansırılığı
- ☞ Lazer gücü
- ☞ Atmosferik iletim
- ☞ Işın sapması
- ☞ Dedektör duyarlılığı

2.2.12 Lazer Işını Saptırma Ünitesi

Obje veya alanın mekansal (3D) ölçümlerini sağlamak için lazer ışın saptırma ünitesi kullanılır. Bu ünitedeki temel öge dikey yönde ve bazen yatay yönde ışının sapmasını sağlayan tarama aynasıdır. Normalde 3 çeşit ayna kullanılır. (Ingensant 2006) :

- ☞ Dönen düz aynalar
- ☞ Dönen çokgen aynalar
- ☞ Dalgalı (Galvanometrik) aynalar

Tüm tarama işlemi ve veri kaydetmeyi kontrol etmek için, tarama yazılımı yüklü bir dizüstü (laptop) bilgisayar kontrol ünitesi olarak kullanılır. Bu kontrol ünitesi, tarama işlemi süresince toplanan veri miktarının büyüklüğü yüzünden yeterli veri işleme ve depolama kapasitesine sahip olmalıdır. Parlak gün ışığında ekranı gösterirken yaşanan bazı problemleri önlemek için bazı gölgelendirmeler sağlanmalıdır .(Barber et al 2001) Tarayıcı için güç kaynağı bir veya birkaç pildir. (Uygun 12V araba pili veya uygun bir pil) Bu genellikle tarayıcı için güç sağlar, bu nedenle ekstra piller ve bir şarj aleti kontrol ünitesi için gereklidir.

Tarayıcılar, genellikle yer üzerinde toprak veya diğer uygun yüzeylere bir sehpa yada tripot vasıtasıyla kurulabilir. Bazı tarayıcılar bilinen bir nokta üzerine yerleştirilebilir ve düzeçlenebilir. Bazı sistemler örneğin Callidus 1.1 tarayıcısı gibi, iç tarama için uygun olan tekerlekli tripot kullanabilir.

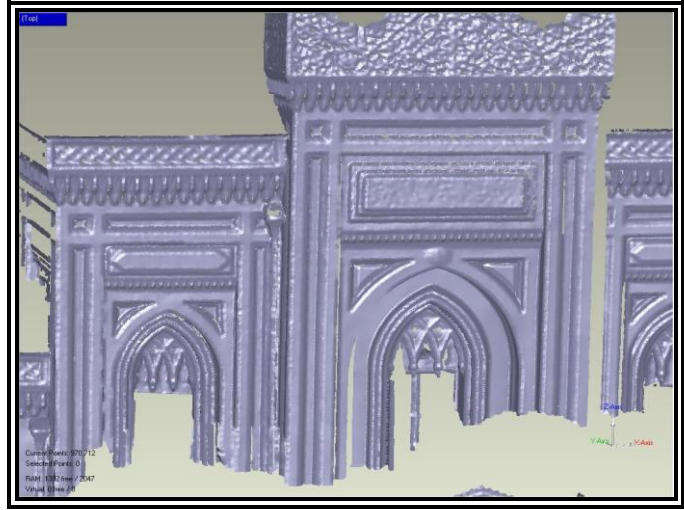
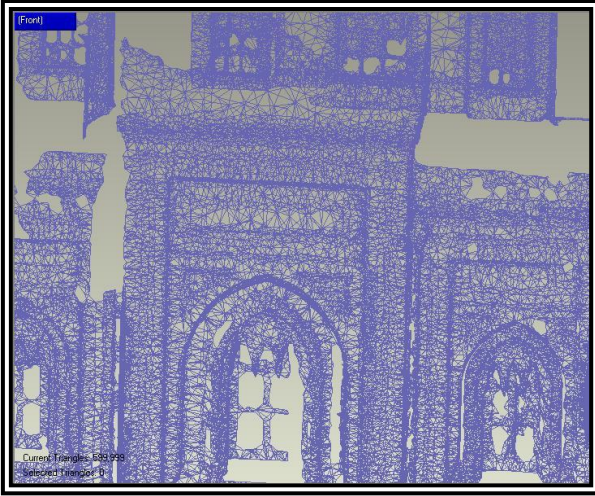
2.2.13 Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Alanları

1. Projelerin sahaya uygunluğunun kontrolü, planlarla yapı ilerleyişinin karşılaştırılması ve kalite kontrolün sağlanması
2. Sanal planlama ve mevcut arazi ilişkilerini içeren mekansal durumun analiz edilmesi (birleşik yapılar, çok katlı ulaşım merkezleri, alışveriş merkezleri, vb.)
3. Binaların, yapıların uygun bakımını sağlamak için, interaktif yapı incelemeleri, risk keşifleri ve çürüme kontrollerini amaç edinen yapı bilgi sistemleri kurulması.
4. Görsel 3D fabrika yaratmak için endüstriyel ortamların belgelenmesi, yani mevcut fabrika veya tesisin tam dijital modelinin elde edilmesi. Bir görsel 3D kurulumuyla, yeni ekipman programlanabilir ve üretim durdurumu gerekmezsiniz çalışmalar devam edebilir. 3D model yardımıyla, değişiklikler nedeniyle eskiyen mevcut çizimleri, gerçeğe uygun olarak sağlamak mümkündür.
5. Bir ülkenin altyapı tesislerinin belgelemesi. Demiryolu, yol şebekesi, tüneller, köprüler, enerji hatları gibi hasar görmüş alanların tespiti için olağan araştırma gerektiren değerlendirme yöntemleri için bir temel sağlar. Bu şekilde gerekli onarımlar gecikmesiz tamamlanabilir.
6. Taranacak obje ya da alanın deformasyon kontrolü sadece ayırık noktalar olmaksızın yersel lazer tarayıcılarla sıklıkla analiz edilebilir. Böylece yerel deformasyonlar ortaya çıkabilir.
7. Tarihi mirasın (kiliseler, kaleler, saraylar, vb.) detaylı durumu ve hasar değerlendirilmesi, bunların muhafazası için gerekli belgelendirmelerin yapılması, hasar ve yıkım durumunda gelecekte verilen herhangi bir zaman için restorasyonun sağlanması. Bu durumlarda, en narin yapılar ve detayları dökümanlaştırılmalıdır. Bu, ulusal anlamda kültürel miras bilgi sisteminin kurulması için daha fazla temel sağlayabilir. Doğru, gerçek, görsel 3D modeller sayesinde, internet aracılığıyla dünyadaki tüm insanlara tarihi miraslar sanal olarak ziyaret ettirilebilir.(Sanal Turizm)



Şekil 2.4 Hamidiye Camii ön kapısından bir görünüm

Lazer ile modelleme Kültürel mirasın belgelenmesinde önemli bir role sahiptir.



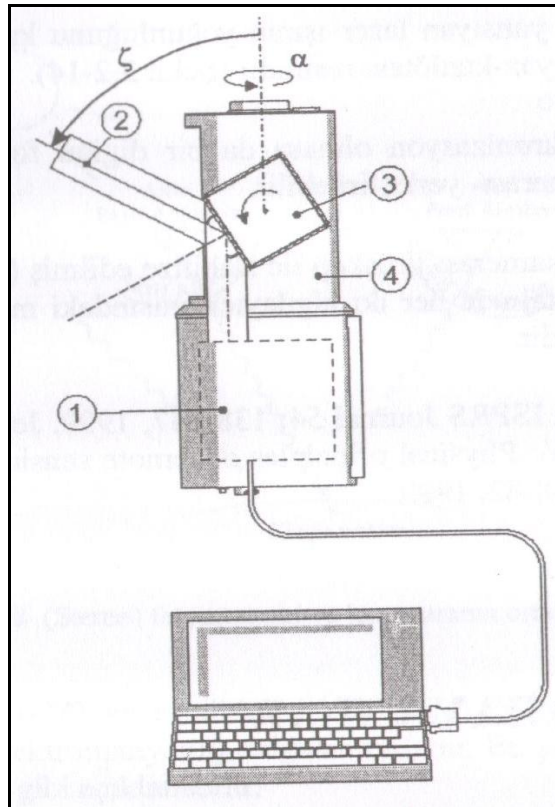
Şekil 2.5 Hamidiye Camii ön kapısının üçgenlenmiş ve yüzey oluşturulmuş lazer verilerinden görüntü.

2.3. ÇEKİM İLKESİ

Yersel lazer tarayıcıları, uçağa takılı lazer tarayıcılardan ayıran fark, tarama işlemi sırasında yersel tarayıcıların hareket etmemesidir. Sabit yersel tarayıcılar iki doğrultu da yönlendirme donanımı Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Darbeli lazer ışını (1) no'lu elektronik birimden hareket eder, daha sonra oldukça yüksek bir hızla dönen küp biçimdeki optik eleman (3)'e ulaşır.

Küp yüzeyinde lazer ışını (2) yönlendirilerek yansıtılmaktadır ve bu şekilde ışın ζ açısı oluşturacak biçimde yönlendirilerek yansıtılır. ζ profili elde edildikten sonra (4) no'lu üst kısım komşu ζ profilinin taranması için tam daire oluşturana kadar çok küçük bir $\Delta\alpha$ açısı kadar döner.

Yersel lazer taramada, cisim pek çok – çok az örtüşen- çekim noktalarından o şekilde taranır ki, tek tek çekim noktalarından taranan nokta kümeleri cisim üzerinde az miktarda birbirleri ile örtü oranlarına sahip olsunlar. Çekim noktasının konumlandırılmasında daha önce her bir durak noktası için kutupsal koordinatları ζ , α ve s elde edilir. Tek bir çekim noktasından elde edilen veriler için yersel lazer taramada **tarama (scan)** ismi kullanılır.



Şekil 2.6 : Sabit Yersel Lazer Tarayıcı donanımı

(1) Elektronik Birim

(3) Optik Eleman

(2) Darbeli Lazer Işını

(4) Dönebilen Üst Gövde

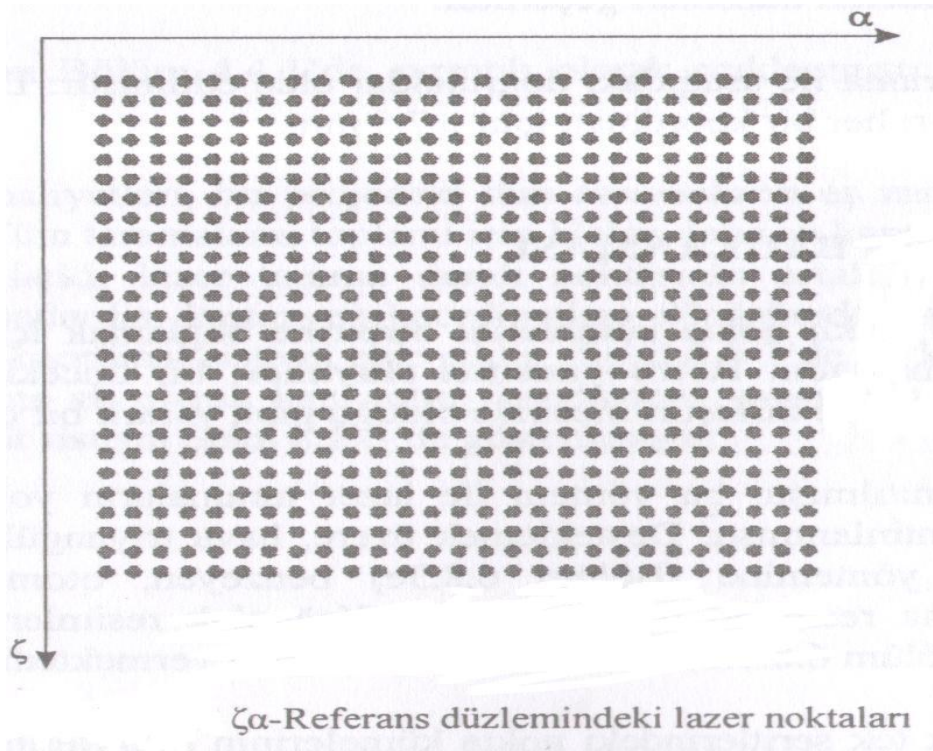
Yersel Lazer tarayıcılar için belirlenen değer aralıkları çizelge 2.1 de tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Yersel Lazer Tarayıcı Değişkenlerinde Kullanılan Değer Aralıkları

Dalga uzunluğu / Yoğunluk	900 nm (yakın kızılötesi), yansıma yoğunluğu kayıt edilebilir.
ζ – Profili maksimum frekansı	20 Hz
Ölçme oranı	24 kHz Normal tarama
	8 kHz Hassas tarama
Yakalanabilir yansımalar	ilk ve/veya son yansıma
Maksimum ulaşma genişliği	Yüzeyin yansıtma açısı için $\rho > \%80$ olduğunda 200 m $\rho > \%10$ için 60m.
Minimum ulaşma genişliği	1 m
Toplam - ζ - Profili için açılım açısı (arazi görüşü,FOV,field of view)	100 gon
Lazer ışınının açıklık açısı (IFOV,instantaneous FOV)	2 mrad,yani tarama izi (ayak izi(footprint)) 100m uzaklığında olduğunda 20 cm çapında,uzaklık 50 m olduğunda 10 cm'dir.
Her iki yönlendirme doğrultusunda minimum adım uzaklığı (Sayısallaştırma aralığı)	0.18 mrad,örneğin 100 m uzaklıktaki cisim için tarama aralığı 1.8 cm, 50 m uzaklıktaki için 9 mm

3. CİSİM MODELLEME STRATEJİLERİ

Lazer tarama ölçmesinin sonucu bir nokta kümesidir. Takip eden açıklamalar için aletin boyuna ekseninin (Şekil 2.6) yaklaşık çekül doğrultusunda olduğu kabul edilir. Bir çekim noktasında (tarama) elde edilen nokta kümesi Şekil 3.1 te **$\zeta\alpha$ Koordinat düzleminde** gösterilmiştir. Farklı s uzaklıkları bu “Resmin”fonksiyon değerleridir.



Şekil 3.1 : Nokta kümesinin Koordinat Düzleminde Gösterimi

Matris olarak depolanmış ölçme değerlerinin indeksleri üzerinden ölçülmüş bir noktadan komşu ölçme noktasına hızlı bir şekilde ulaşılabilir. Bu ölçme noktaları elle yapılan fotogrametrik değerlendirme ya da takeometrik değerlendirmeden farklı olarak herhangi bir “anlam” taşımamaktadır. En son bahsedilen klasik yöntemde her nokta bir özniteliğe (bina köşesi, komşu nokta ile bağlantı bilgisi..vs) atanmaktadır. Lazer taramada nokta kümesinden bu bilgi daha sonra kazanılmalıdır. Ek bilgi olarak, lazer tarama yüksek sayıda ölçme yapılmakta, buna karşın klasik yöntemlerde elle önceden girilmiş öznitelikler ile daha az sayıda ölçmede gerçekleştirildiği söylenebilir.

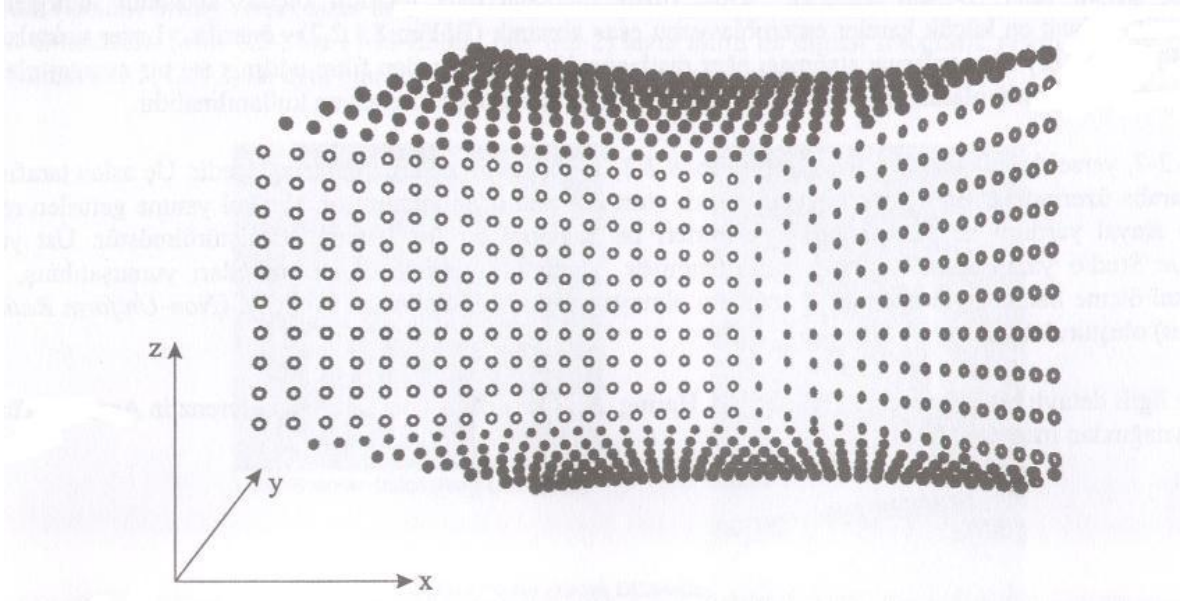
Lazer tarama-nokta kümelerinden çizgi ve nokta bilgilerini elde etmeden önce Şekil 3.1 de kapalı olarak ifade edilen geometri ele alınacaktır. Sütunlar bir (düşey) düzlemin cisim yüzeyi ile kesişmesinden oluşan cisim noktalarını içermektedir. Her seferinde düşey düzlem çekim merkezini içermekte ve α yatay açısı ile tanımlanmaktadır. Kesişme çizgisi bir **(düşey) profildir**. Alım noktalarından profil noktalarına olan uzaklıklar bilinmektedir. Profil noktalarının uzaklığı $\Delta\zeta$ -artma ile verilmektedir.

Şekil 3.1 de matrisin bir satırı dönel bir koninin – tepe noktası alım noktasında ve açılım açısı ζ ile bir cisim yüzeyi ile kesişmesinden oluşan cisim noktalarını içermektedir. Çekim noktalarından bu kesişim noktalarına olan uzaklıklar bilinmektedir; Şekil 3.1 matrisinde sütun uzaklıkları $\Delta\alpha$ artması ile verilmiştir. Eğer cisim yüzeyi düzlem ise, koninin cisim düzlemleri ile kesişme çizgisi bir koni arakesitidir, yani elips veya parabol veya hiperparaboldür. ζ α - koordinat düzleminde bu koni kesitler her seferinde α koordinat doğrultusu boyunca düz olarak izdüşür.

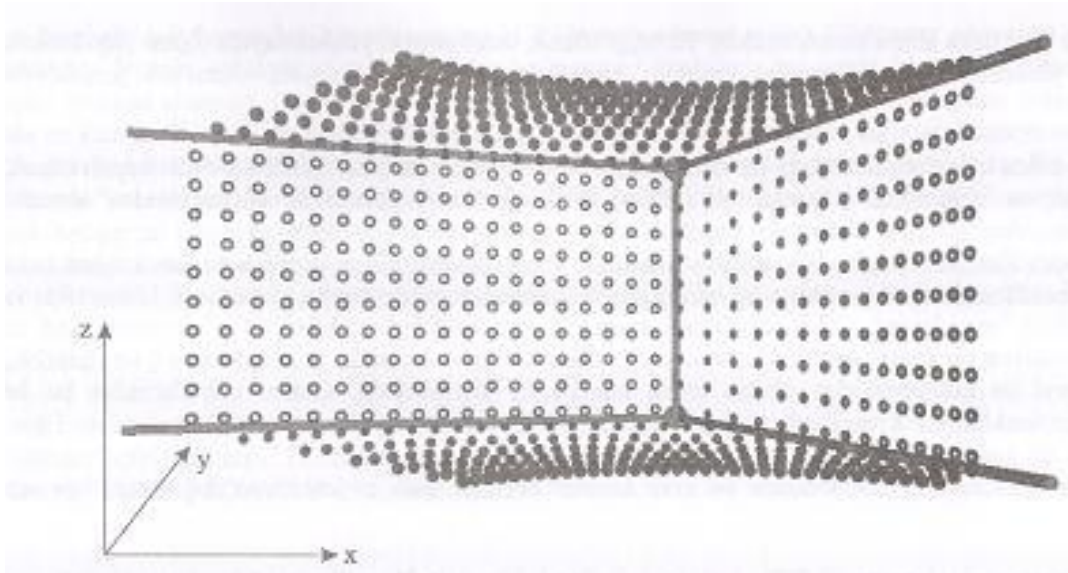
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s \cdot \sin \zeta \cos \alpha \\ s \cdot \sin \zeta \sin \alpha \\ s \cdot \cos \zeta \end{pmatrix} \quad (6.1)$$

Şekil 3.2 lazer noktalarının (6.1) bağıntısı kullanılarak **xyz koordinat düzlemine** dönüştürülmesini göstermektedir. Eşit aralıklar kaybolmuştur. Fakat lazer noktaları arasındaki basit komşuluk ilişkiler (topoloji) dönüşüm sırasında değişmemiştir. XYZ sistemine dönüşümün en büyük avantajı düzlem bölgelerin örneğin komşu noktalardan oluşturulan üçgen normallerinin bulunabilmesidir. (Şekil 3.1 de ki ζ α s – koordinat sisteminde buna karşılık bir düzlemsel bölge bulunmamaktadır, cisim düzlemi kubbe biçiminde cisim kenarları eğiktir.) Örneğimizde lazer noktaları Şekil 3.2 de farklı nokta farklı nokta sembolleri ile işaretlenmiş dört düzlem bölge bulunmaktadır.

Segmentasyon işleminden sonra birbirlerine komşu düzlem bölgeler birbirleri ile **kesiştirilebilir**. Sonuç **çizgiler ve noktalardır**. (Şekil 3.2) Lazer taramanın cisim modelleme için şu strateji temeldir. Nokta kümelerinden tek tek düz yüzey elemanlarına ait olan (örnekte düzlemler) gruplar ve noktalar elde edilir.



Şekil 3.2 : Kartezyen koordinat sisteminde lazer noktaları ve dört düzlem bölgede segmentasyon sonuçları



Şekil 3.3 : Alanların ve Kenarların Kesişimi

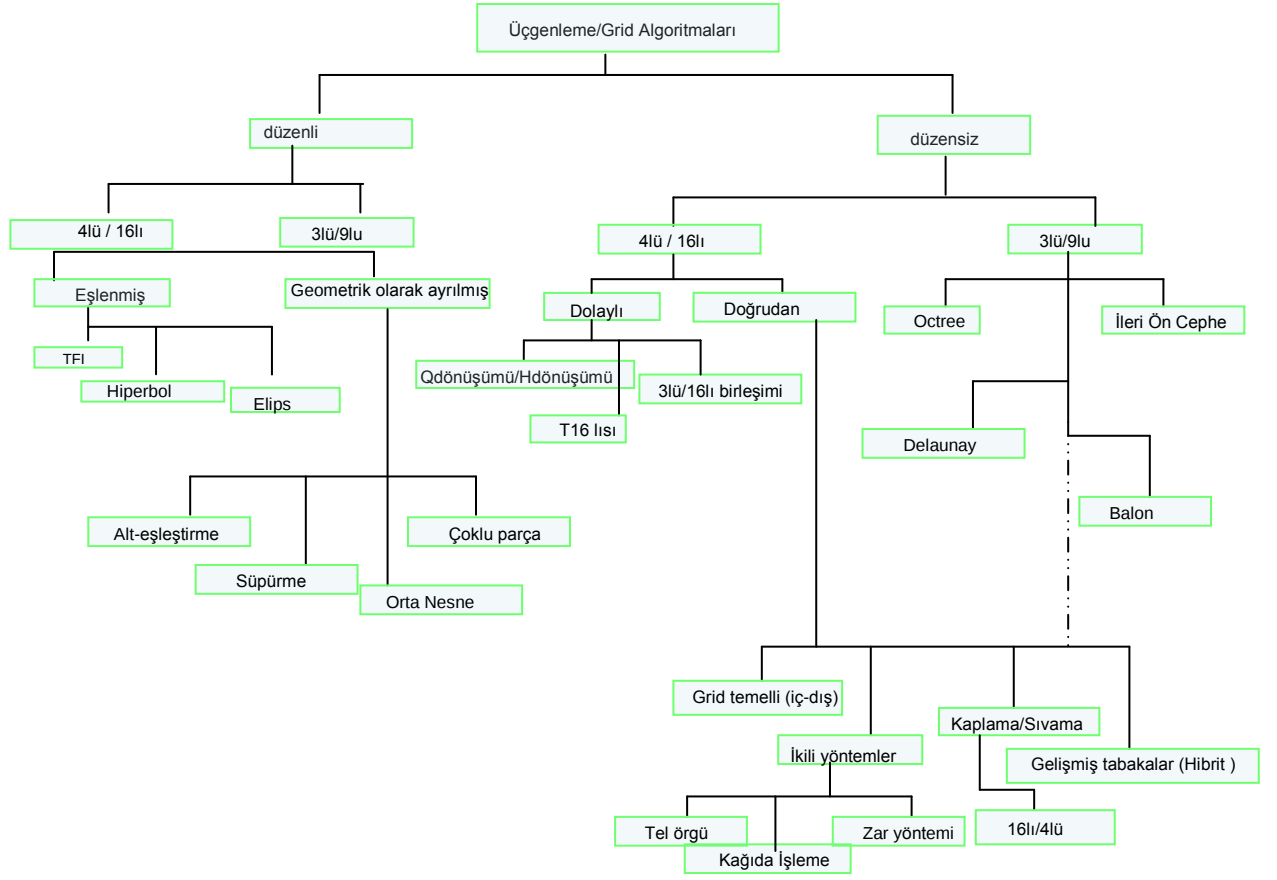
Dik yüzeylerin kesişmesi eğimli kenarları (örneğin düz çizgi) ve bu kenarların kesişme noktaları aranan tek tek cisim noktalarını vermektedir. Klasik yöntem ise tam aksi bir strateji izlemektedir. Tek tek noktalardan vazgeçilmekte; elde edilen topoloji – çizgilerden ve düz yüzey üzerinde tek tek noktalar ile beraber oluşan çizgiler de üst yüzey elemanlarını tanımlamaktadır.

Lazer noktalardan dolaylı olarak elde edilen çizgi ve noktaların doğrulukları çok yüksektir. Çünkü tek bir ölçme yapılmasına oranla cisim üst yüzeylerinde çok fazla sayıda nokta kümesinin kullanılması önemli doğruluk artışlarına neden olur. Düz yüzey elemanlarında tesadüfi ölçme hatasının indirgenmesi (Filtreleme)- robust en küçük kareler enterpolasyonu esas alınarak önerilir. Lazer noktalarının tek tek düz üst yüzey elemanlarına atanması eğer rastlantısal hatalar önceden filtre edilmiş ise bir avantaj olabilir. Uygulamada dönüşümlü olarak segmentasyon veya filtreleme için pek çok iterasyon kullanılmalıdır.

3.1 Üçgenleme Algoritmaları

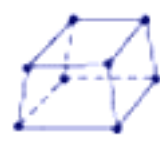
Üçgen üretme fiziksel bir tanım aralığını daha küçük tanım aralıklarına (elemanlara) bölme işlemi olarak tanımlanabilir. Üçgen üretme çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Coğrafya ve haritacılık bilimlerinde üçgenleme arazinin topoğrafik yapısının ifade edilmesinde kullanılır. Bilgisayar grafiklerinde bir çok nesne render edilmeden önce üçgenlenmiş yapıya dönüştürülür. Üçgen yaratma en fazla sonlu elemanlar yöntemi içinde kullanılmaktadır. Yüzeysel tanım aralıkları üçgen, dörtgen vb. şekillere bölünebilirken, hacimsel tanım aralıkları tetrahedra, hexahedra gibi şekillere bölünebilirler. Elemanların şekli ve dağılımı otomatik üçgen üretme algoritmaları tarafından belirlenir.

3.2 Üçgen Yaratma Algoritmaları



Şekil 3.4 : Üçgen Yaratma Algoritmaları ağaçlandırılmış yapı

3.3 Üçgen Üretiminde Kullanılan Bazı Elemanlar

boyut	el. derece.	eleman şekli	eleman tipi
1D (eğri)	lineer		kiriş
	kuadratik		kiriş
	kübik		kiriş
2D (alan)	lineer		tabaka, kabuk
			
	Cubic		
3D (hacim)	lineer		
	kuadratik		

Şekil 3.5 : Üçgen üretiminde kullanılan elemanlar

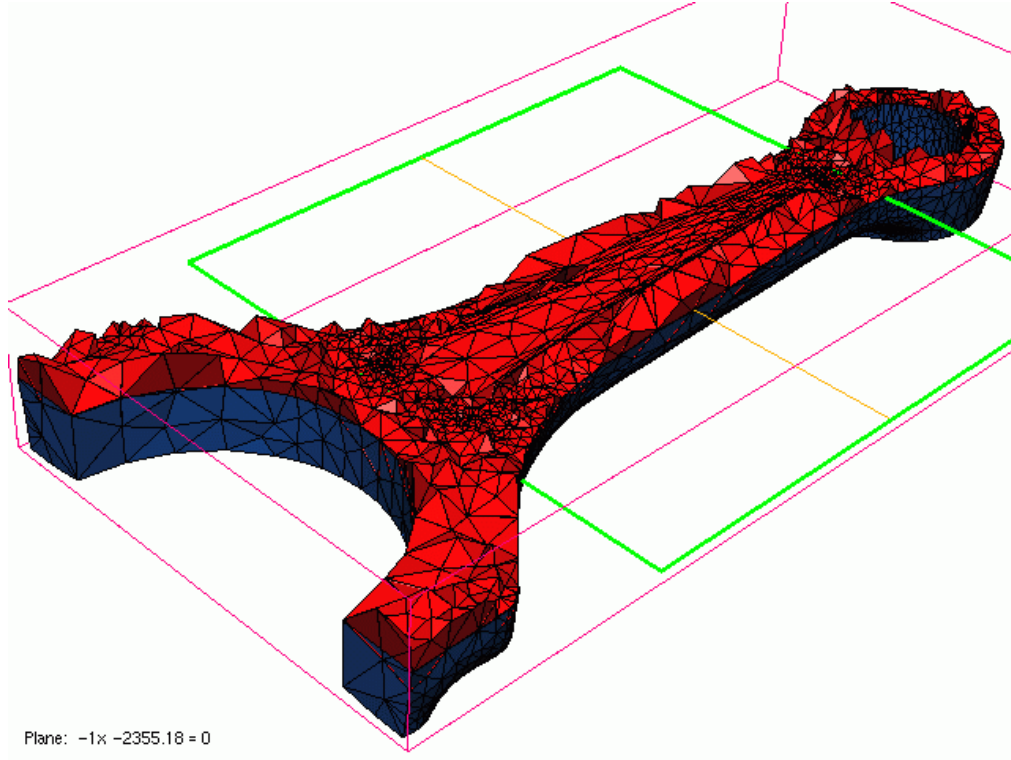
3.4 Üçgenleme ile İlgili Terimler

- ☞ Düğüm: Üçgen içinde elemanların birleştiği nokta.
- ☞ Eleman: Üçgen içindeki çok köşeli (alan) veya çok yüzlü (hacim) parçalar. Bu parçalar genellikle üçgen, dörtgen, dört yüzlü veya altı yüzlü şeklinde dir.
- ☞   genleştirme: Verilen noktalar kümesini üçgen üçgen oluşuracak şekilde birleştirmek.
- ☞ üçgen  retimi: Verilen bir tanım aralığında (genel olarak iki ve üç boyutlu) düğümler oluşturmak ve bu düğümleri üçgen oluşturmak üzere birleştirmek.
- ☞  zotropik-Olmayan:  zellikleri bütün doğrultularda aynı olmayan  zotropik-Olmayan   gen üretimi: Üçgen  retimi doğrultuya bağlı bir fonksiyona göre yapılır. Bu   gen üretiminde uzatılmış elemanlar kullanılır. Mesela elemanların kenar uzunlukları y nlenimin bir fonksiyonudur. Ama eğer üçgen üretiminde eşkenar üçgen kullanılıyorsa bu yöntem kullanılamaz.
- ☞ Değişken   gen  retimi: Büyüklüğü pozisyonuna bağlı olarak değişen elemanlar kullanılır.
- ☞ Structured   gen: Bu   gen yapısındaki bütün elemanlar aynı topolojiye sahiptir. Mesela bütün elemanlar aynı sayıda komşuya sahiptir.

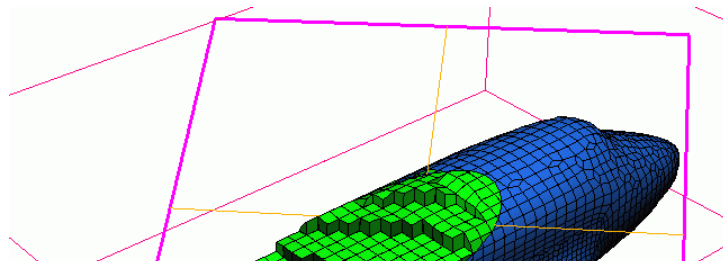
3.5 Sonlu Elemanlar Yöntemi

Birçok mühendislik problemine sonuç elde etmek için uygulanabilecek sayısal bir işlemdir. Kararlı rejimli, değişken rejimli, lineer, lineer olmayan durumlar için gerilim(stress) analizi, ısı transferi, akışkanlar mekaniği ve elektromanyetizma problemlerinin analizleri sonlu elemanlar yöntemi ile yapılabilir. Boeing, 1950’lerde uçak kanatlarını modellemek için sonlu elemanlar yöntemini kullanmıştır.

Sonlu Elemanlar Yönteminde (Finite Elements Method (FEM)) modeller sonlu sayıda elemanlara bölünür. Bu elemanlar belli noktalardan birbirleriyle bağlanır, bu noktalara düğüm (node) denir. Sonlu Elemanlar Yöntemi düğüm noktaları için tanımlanmış şartları, cebrik lineer denklemlere çevirir, önce bu denklemler üzülür. Sonuç olarak model ne kadar çok sayıda elemana bölünürse o kadar gerçekçi sonuç verir. Sonlu elemanlar yöntemi yaklaşık  z mler üreten bir metottur. Eleman sayısı arttırılarak, eleman tipi değiştirilerek, üçgen üretim yöntemi değiştirilerek veya üçgen üzerinde manuel olarak oynanarak  z m tekrarlanabilir. Böylece sonuçlar arasındaki fark gözlenebilir. Bu işleme optimizasyon (en iyileme) denir. Sonlu elemanlar yönteminin yaygınlığı otomatik üçgen üretme algoritmalarının geliştirilmesini teşvik etmektedir.



Şekil 3.6 : Tetrahedra elemanlar kullanılarak bir anahtarın üçgen lenmiş modeli

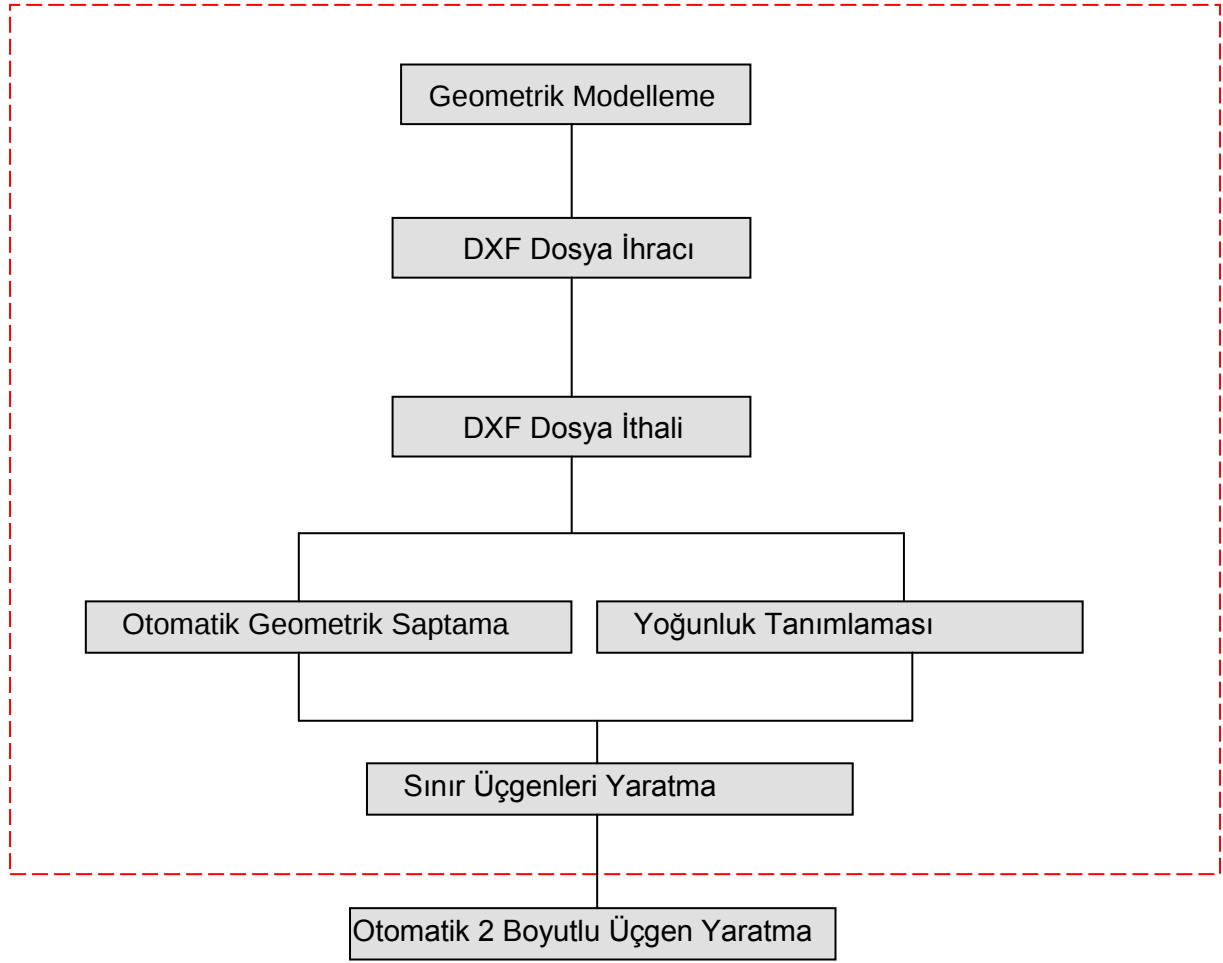


Şekil 3.7 : Uçağın hexahedra elemanlar ile üçgenlenmiş modeli

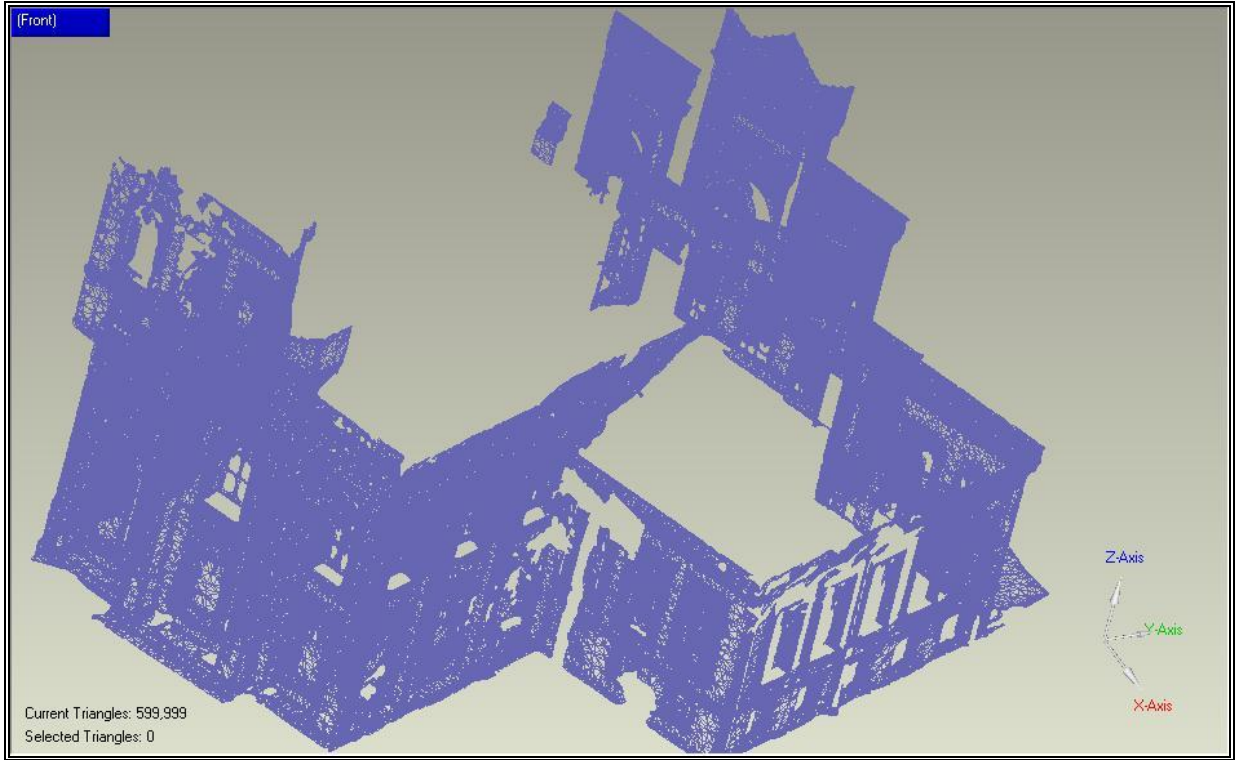
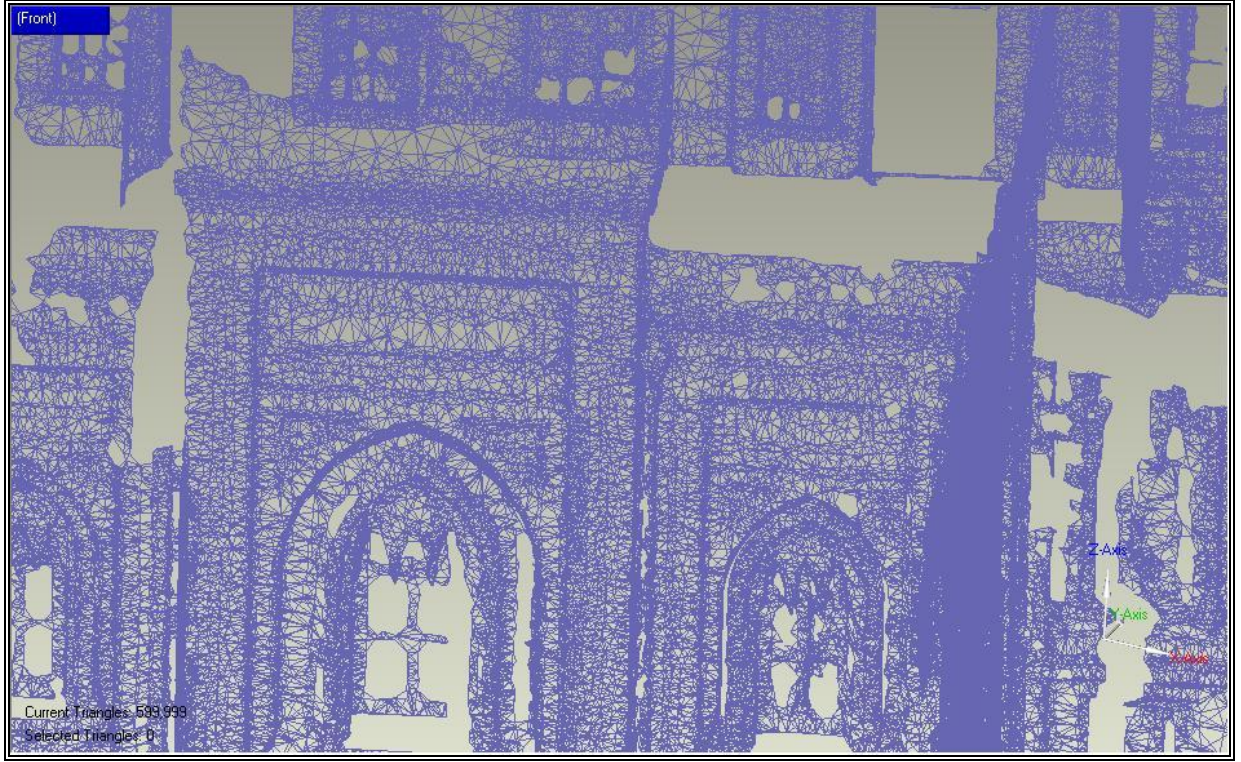
- ☞ Quadrilateral ve hexahedral şeklindeki elemanların üçgen ve tetrahedral şekilli elemanlara göre daha iyi performansa sahip oldukları sonucuna varılmıştır.
- ☞ Ayrıca hexahedral şekilli elemanların kullanılması eleman sayısını önemli miktarda düşürebilir. Bu düşüş sonucunda da analiz zamanı ve analiz sonrası işlem zamanı düşer.
- ☞ Bunlara ek olarak lineer-olmayan sistemler için ve elemanların dizilişinin fiziksel olarak önemli olduğu yerlerde hexahedral ve quadrilateral şekilli elemanların kullanımı daha uygun olmaktadır.

3.6 Otomatik Üçgen Oluşturma Yaklaşımı

- ☞ Otomatik üçgen üretimi, geometrik bir tanım aralığını, çeşitli eleman büyüklüğü ve eleman şekli kriterlerine göre en uygun şekilde tanımlamaktır. Geometri genellikle, noktaların, eğrilerin, yüzeylerin ve hacimlerin bileşimi şeklindedir.
- ☞ Bir çok uygulama üçgen üretimi için aşağıdan-yukarıya doğru bir yaklaşım kullanmaktadır.
- ☞ Bu yaklaşımda önce noktalar üçgenlenir daha sonra sırasıyla eğriler, yüzeyler ve son olarak hacimler üçgenlenir.



Şekil 3.8 : Otomatik Üçgen Üretimi



Şekil 3.9 : Hamidiye Camii'nin Üçgenlenmiş Yüzeylerinin farklı görünüşleri

4. HAMİDİYE CAMİİ MODELLEME ÇALIŞMALARI

4.1 KULLANILAN DONANIM

Mensi GS 100 yersel lazer tarayıcıyı YTÜ, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından 2004 yılında eğitim, öğretim ve araştırma faaliyetlerinde kullanılmak üzere satın almıştır. Mensi GS 100 lazer tarayıcı kullanılarak yatayda 360° düşeyde 60° lik görüş açısı ile 2 m ile 100 m mesafedeki objelerin taraması yapılabilmektedir. Lazer tarayıcının açısal çözünürlüğü 0.002 gon dir. Mensi GS 100 lazer tarayıcı ışınının kaynaktan çıkışı ve dönüşü arasında sürenin kayıt edilmesi (time of flight) prensibine göre dizayn edilmiş ve bu işlem için dalga boyu 532 nm olan yeşil sınıf II lazer ışını kullanılmaktadır. Lazer tarayıcı saniyede 5000 nokta ölçebilmekte ve mesafe ölçüm hassasiyeti 100 m 6 mm dir. Lazer tarayıcının teknik özellikleri çizelge 4.1 de tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 : GS100 Lazer Tarayıcısı Teknik Özellikleri

Alet Tipi Kullanıcı Arayüzü	Uzun Menzilli Lazer Haritacılık Sistemi PC, Windows NT/2000
İdeal Kullanım Menzili	2-100 Metre
En yüksek Tarama Hızı	5000 nokta (sn.)
Standart Sapma	6mm. Tek atışta
FOV	360° Yatayda, 60°Düşeyde
Nokta Büyüklüğü	3mm. (50 m. Mesafede)
Radiance Dynamic	8 bits-256 Gri Seviyesi
Sınıfı	Sınıf II lazer (EN 60825:1994)
Mesafe Ölçüm Yöntemi	Gidiş- geliş süresi
Video Kalibrasyonu	768x576 Renk Çözünürlükte Eş zamanlı video iletimi
Kamera Zoom Faktörü	5.5 x'e kadar



Şekil 4.1 : GS100 Lazer Tarayıcısı

Tarayıcı arka kısmında bulunan güç kablosu (kırmızı) ile 110/240V AC ile çalışmakta ve bağlantı kablosu sayesinde diz üstü bilgisayarla kumanda edilmektedir (gri)

Tarama işlemi için PointScape isimli yazılım kullanılmaktadır. Tarama sonrasında elde edilen 3 boyutlu nokta kümesi Real Works Survey, 3Dipsos veya Geomagic yazılımları kullanılarak referans koordinat sistemi ile ilişkilendirilmekte, işlenmekte ve diğer üç boyutlu modelleme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Taranacak obje etrafına ve yüzeyine sayısal yersel fotogrametri yönteminde olduğu gibi küre veya düzlem şeklinde kontrol noktaları yerleştirilmekte ve bu kontrol noktaları yardımıyla farklı istasyon noktasında yapılan taramalar birleştirilmekte ve referans koordinat sistemi ile ilişkilendirilmedir. Yıldız Hamidiye Camii Mensi GS 100 lazer tarayıcı ile araştırma amaçlı taranmıştır. Tarama işlemi aletin kurulabildiği tüm cephelerin iki farklı istasyondan alımı yapılarak gerçekleştirilmiş, daha sonra bu veriler küre şeklindeki kontrol noktaları kullanılarak birleştirilmiştir. Tarayıcı bünyesinde bulunan kamera ile alınan görüntüler yardımıyla 3 boyutlu nokta kümesi program tarafından renklendirilmiştir.

4.2 KULLANILAN YAZILIM

Geomagic Studio, ATOS 3D sayısallaştırma sistemi ile birlikte kullanıldığında ise RE (Reverse Engineering- Tersine Mühendislik) için ileri düzeyli komple bir çözüm elde edilmiş olur.

Geomagic Studio herhangi bir fiziksel parçadan dijital modeli otomatik olarak oluşturur. Tersine mühendislik için tavsiye edilen yazılımlardan biri olan Geomagic Studio, özel üretilmiş parçaların kitlesel üretimi (kitlesel özel üretim - mass customization), daha önce üretilmiş fakat CAD datası olmayan parçaların tekrar üretilmesi gibi uygulamalara cevap verebilen niteliktedir.

Geomagic Studio şunları sağlamaktadır:

- Hatasız poligon ve NURBS modeller
- Kompleks veya organik şekiller için geleneksel CAD yazılımlarına karşı 10 kat yüksek verimlilik
- Otomatize edilmiş özellikleri ve basitleştirilmiş iş akışı ile öğrenme zamanını azaltan ve sıkıcı, güçlüklerle yapılan işleri pas geçen yapı
- Bütün yaygın kullanılan 3D tarama cihazları ve CAD/CAM sistemleri ile uyumlu yapı
- Tek başına veya CAD yazılımlarını tamamlayıcı pozisyonda hızlı imalat için kullanım.

Modüler Yapı

Geomagic Studio tersine mühendislikte tam bir çözüm için üç bütünleşmiş modülden oluşmaktadır;

☞ Geomagic Capture

Herhangi bir 3 boyutlu bir tarama cihazından gelen düzenli (ordered) veya düzensiz (unordered) veriyi, birden fazla taramadan oluşan nokta bulutunu veya tek bir taramayı hızlı ve hafızayı verimli bir şekilde kullanarak proses etme.

☞ Geomagic Wrap

Nokta bulutunu otomatik, hızlı ve hatasız bir şekilde poligon modele çevirerek CNC tezgahlarda imalat, hızlı prototipleme veya görselleştirme/animasyon uygulamaları için hatasız dijital modeller hale getirme.

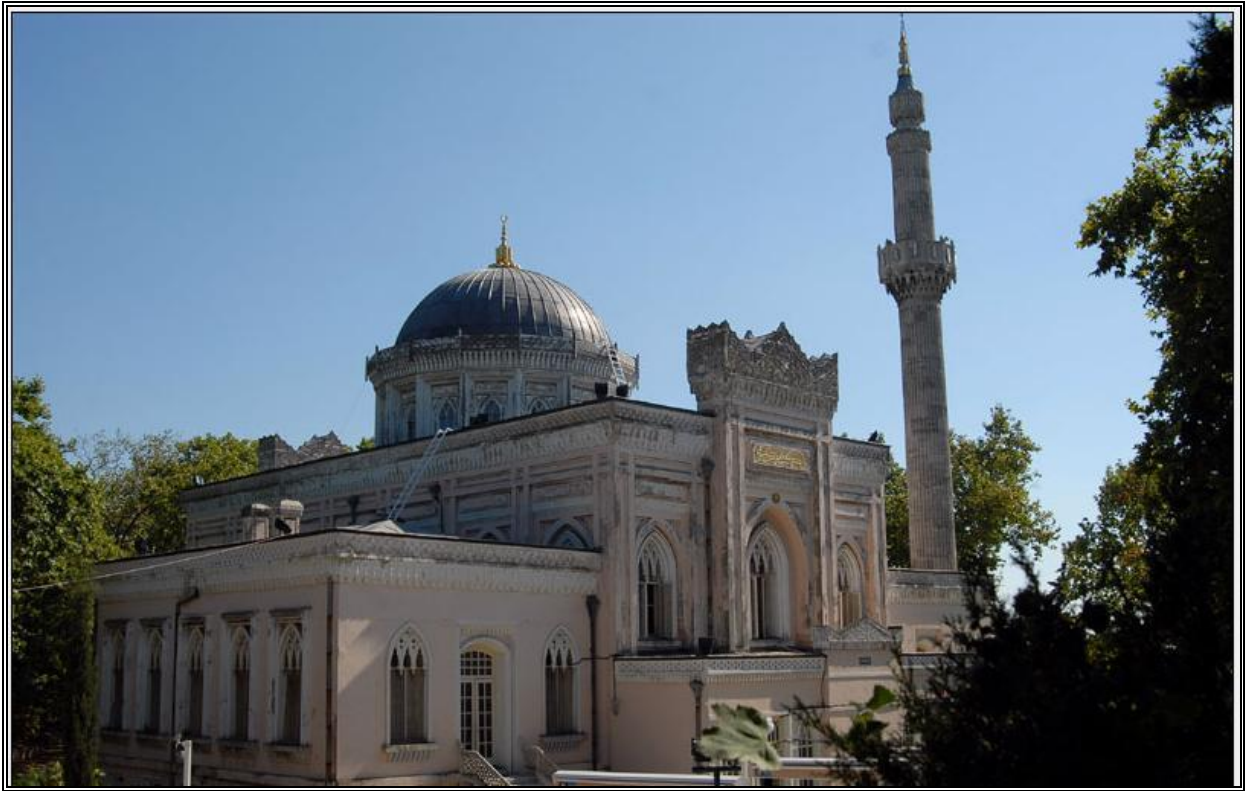
∞ Geomagic Shape

Kompleks poligon modelleri CAD/CAM uygulamalarında kullanılmak üzere otomatize edilmiş bir proses ile yüksek kaliteli NURBS yüzey formatı haline dönüştürme

4.3 UYGULAMA ALANI

4.3.1 Hamidiye Camii Ön Bilgileri

Çalışma alanı; Beşiktaş İlçesi'nde, Barbaros Bulvarı'nda Yıldız Sarayı yolu üzerinde yer alan 1885-1886 yılları arasında Sultan II. Abdülhamit tarafından saray başmimarı Sarkis Balyan'a yaptırılan eşsiz mimarlık örneklerinden Hamidiye Camii'dir.



Şekil 4.2 Uygulama yapılacak olan yapının genel görünümü

“Hamidiye” ya da halk arasındaki adıyla “Yıldız Camii”nin plânı bizzat 2. Abdülhamit tarafından çizilmiştir. Bu nedenle plânı bir padişah tarafından çizilen tek camidir. Şekil 4.2 de açıkça görünen

yüksek kasnaklı bir kubbe ile örtülü olan yapının, Müslümanların ilk kiblesi, Peygamber efendimizin miraca yükseldiği mekân Mescid-i Aksa'ya benzemesi de dikkat çekicidir.

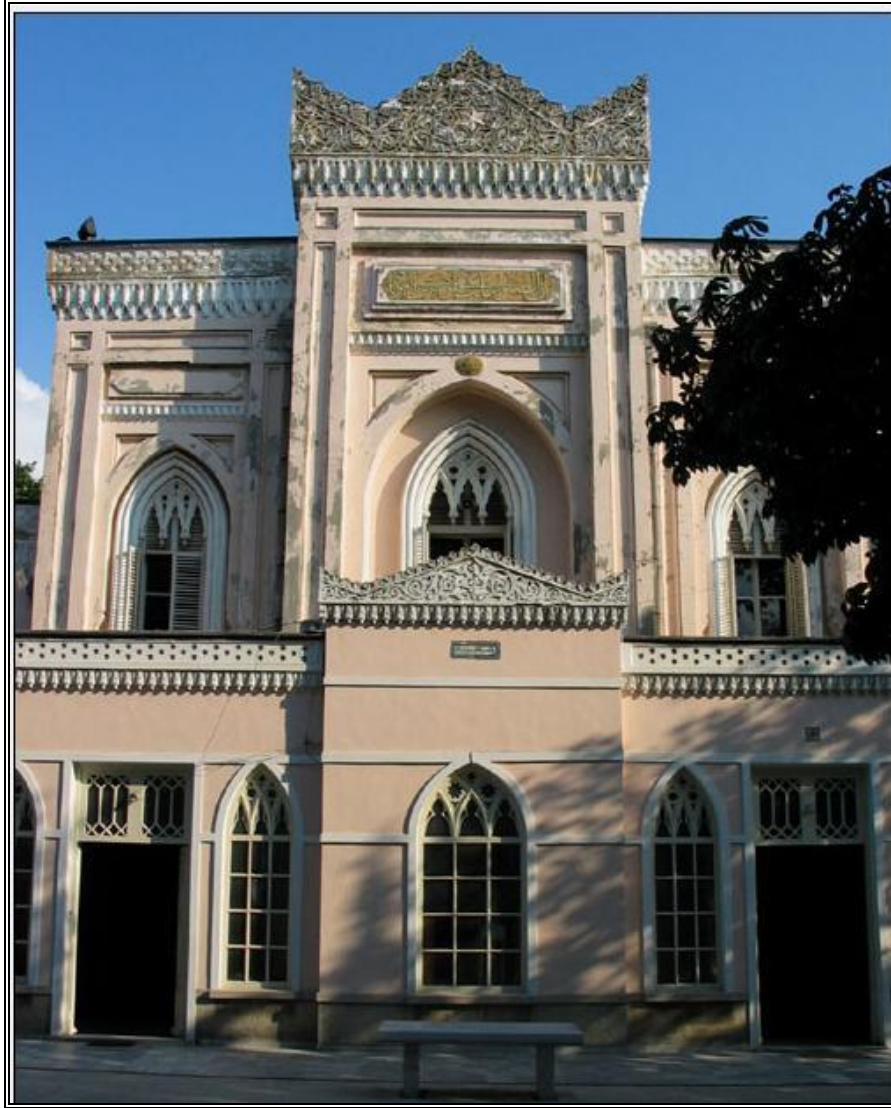
Sultan II. Abdülhamid Han'ın Cuma namazlarını burada kıldığı bilinmektedir. Cuma selamlığı sırasında Hamidiye Camii üç sıra askerle çevrilir, Yıldız'dan Beşiktaş'a inen yokuşun sağındaki meydanlığın önü, bir saf piyadeden sonra atlı birliklerden oluşan Ertuğrul ve Mızraklı alayları tarafından doldurulur, arabalı ve yaya seyirciler de bu süvari safları arkasında yerlerini alırlardı.

Beşiktaş'tan Barbaros Bulvarı'nı izleyerek Yıldız'a doğru tırmanırken, başınızı yolun sağına çevirdiğinizde, zarif bir minare ve yüksek kasnaklı bir tek kubbe ile karşılaşsınız. Bu nefis yapı 1884-1886 yılları arasında Sultan II. Abdülhamid'in saray başmimarı Sarkis Balyan'a yaptırdığı "Hamidiye" ya da halk arasındaki adıyla "Yıldız Camii"dir.



Şekil 4.7 Hamidiye Camii Kubbe Görünümü

Camii çevreleyen demir parmaklıkların arasındaki kalın demir kapıdan avluya girdikten sonra, camiin iki yanında sağlı sollu beyaz mermer merdivenler ve onların arasında yüksek bir ta kapıyla göz göze gelirsiniz. Bu büyük kapının üzerinde zafer takına benzeyen ince bir süsleme bulunur. Süslemenin hemen altındaki mermer zeminde "Besmelei Şerife" ile nefis bir hatla yazılmış bir "Ayeti Kerime" görülür.



Şekil 4.4 Hamidiye Camii Ön Kapısından Bir Görünüm

Yıldız Camii karışık mimari tarzın güzel bir örneğidir. Ortaköy'de bulunan Büyük Mecidiye Camii tipindedir. Camiinin cümle kapısının yanındaki pencereler de süslü ve demir kafeslidir. Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından, avluya girilen demir kapının hemen yanı başında sağda yer alan

dört cepheli saat kulesinin saati, Sultan II. Abdülhamid'in 25. saltanat yılı kutlamaları için özel olarak sipariş edilmiştir.

4.3.2 Hamidiye Camii'nin Yersel Lazer Tarayıcı İle Alımı

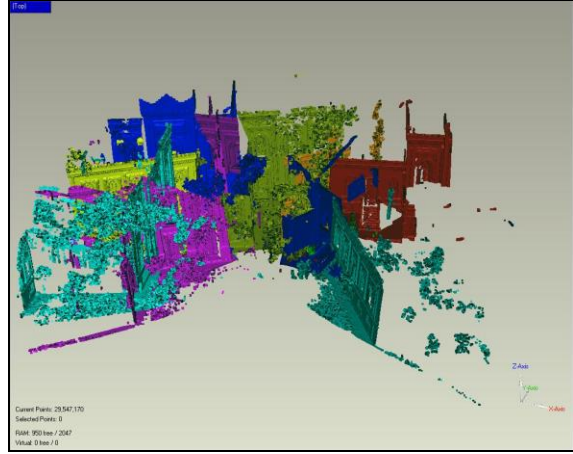
Yıldız Camii'nin Lazer Tarama Teknolojisi ile 3 Boyutlu modeli oluşturulacaktır.

1. Aşama:

Yıldız Camiinin farklı cephelerinden yersel lazer tarayıcı ile taranarak elde edilen dağınık nokta bulutları kümesi.

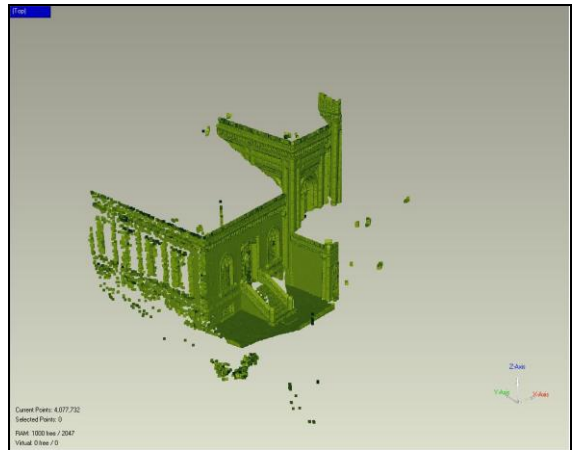
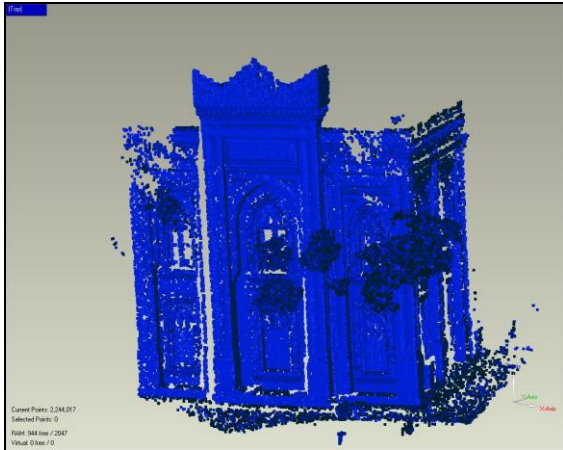


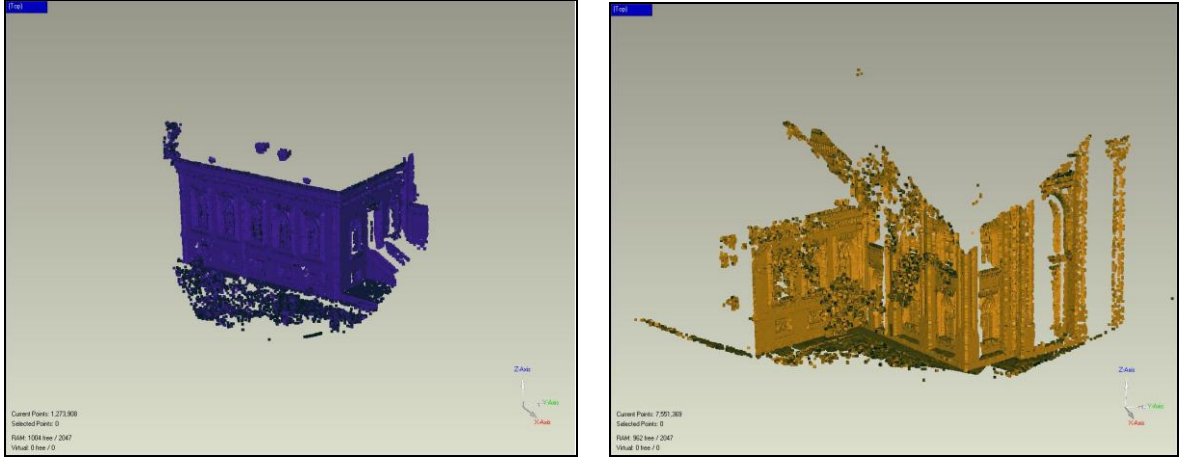
Şekil 4.5 : Yıldız caminin dağınık nokta bulutu hali



Şekil 4.6 : Yıldız caminin dağınık nokta bulutunun nesne renkleri ile gösterilmesi

Yıldız Camii'nin çeşitli cephelerinden taranarak elde edilen veriler





Şekil 4.7 : Farklı cephelerin tarama verilerinden görünüşler

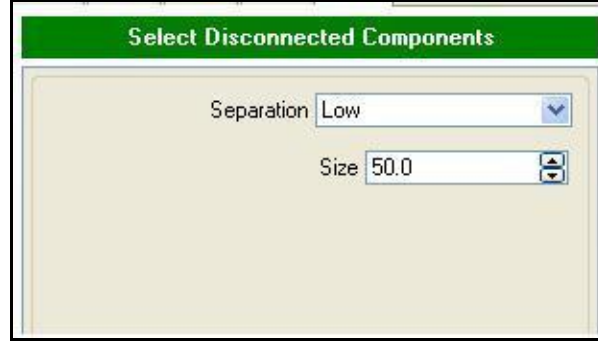
1. Dağınık Noktaların Temizlenmesi Ve Gürültü Azaltma

Öncelikle modeli oluşturulacak bölgenin çevresindeki dağınık (gereksiz) noktalar temizlenir. Ana nokta bulutundan belirli bir mesafede olan bu noktalar, lazer tarayıcıların elde olmadan cismin çevresindeki objeleri de kaydetmelerinden kaynaklanırlar. Bu işlem manuel olarak yapabileceği gibi Toolbar’ daki Select Disconnected menüsünden veya Edit→Select’ den de yapılabilir.

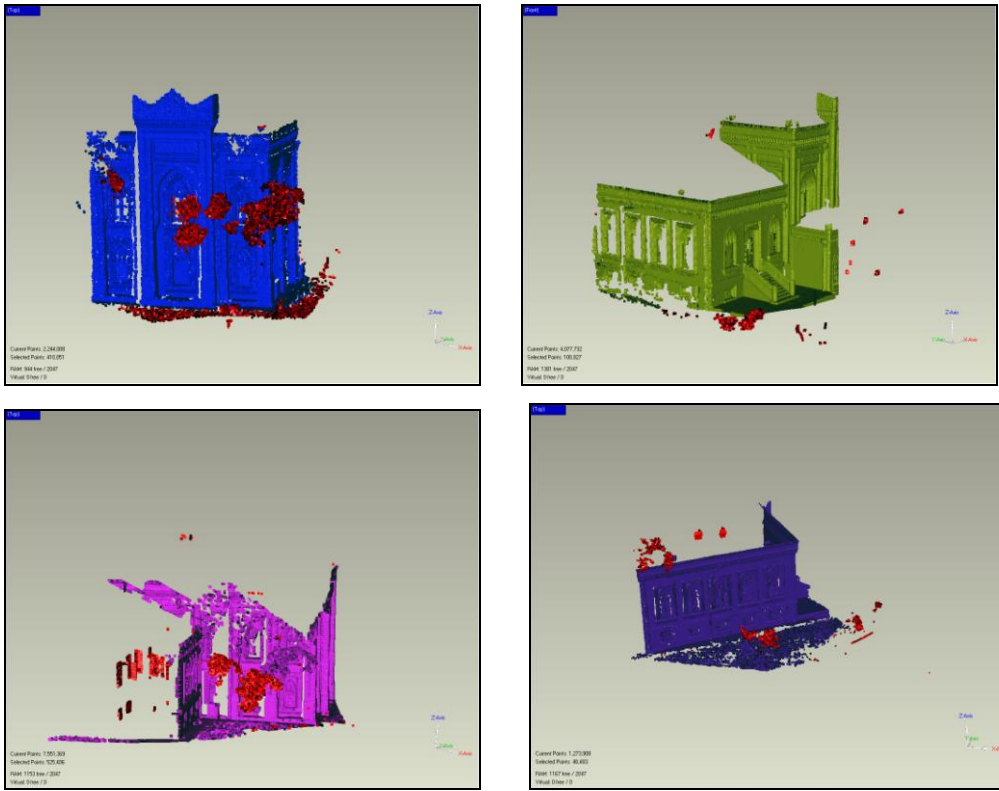


Şekil 4.8 : Geomagic Studio 9 Toolbar - Select Disconnected

Sırası ile tüm taramalardaki dağınık nokta bulutları temizlenmiştir. Açılan pencerede Ayrılma (Separation) Seviyesi Düşük (Low) Seviye ve Ayrılma Yüzdesi (Size) %50 olarak ayarlanır. Bu işlem istenilen değerler doğrultusunda ana nokta kümesinden ayrı bulunan noktaların seçilmesini sağlar. Ayrılma Seviyesi nokta kümelerinin ana nokta bulutuna ne kadar uzaklıkta olabileceği, Ayrılma Yüzdesi de nokta kümelerinin ne kadar genişlikte (büyüklükte) olabileceğini belirler. Bu oran elimizdeki mevcut verilerin durumlarına ve büyüklüklerine göre farklılık göstermektedir.



Şekil 4.9 : Select Disconnected penceresi



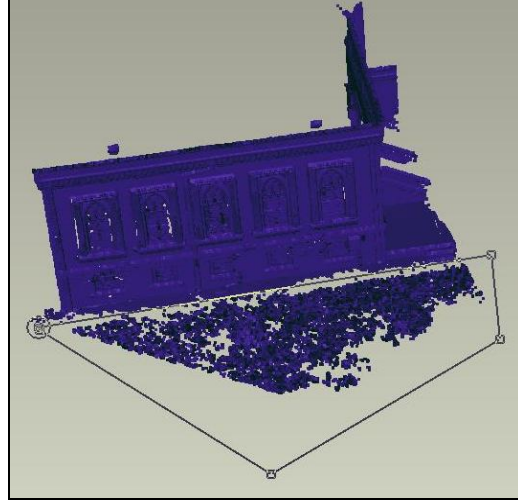
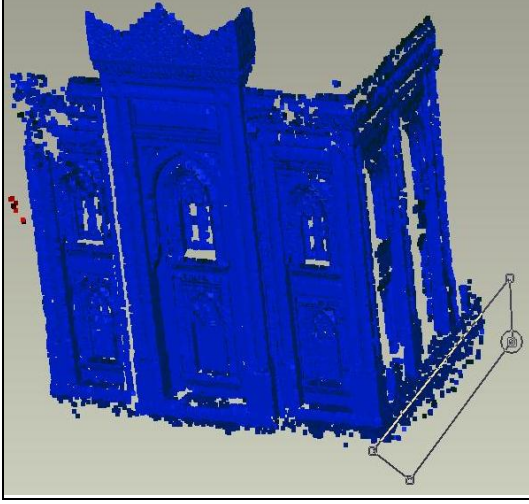
Şekil 4.10 : Taramada görmüş olduğumuz ana nokta kümesinden ayrıklığı belirlenmiş dağınık noktalar



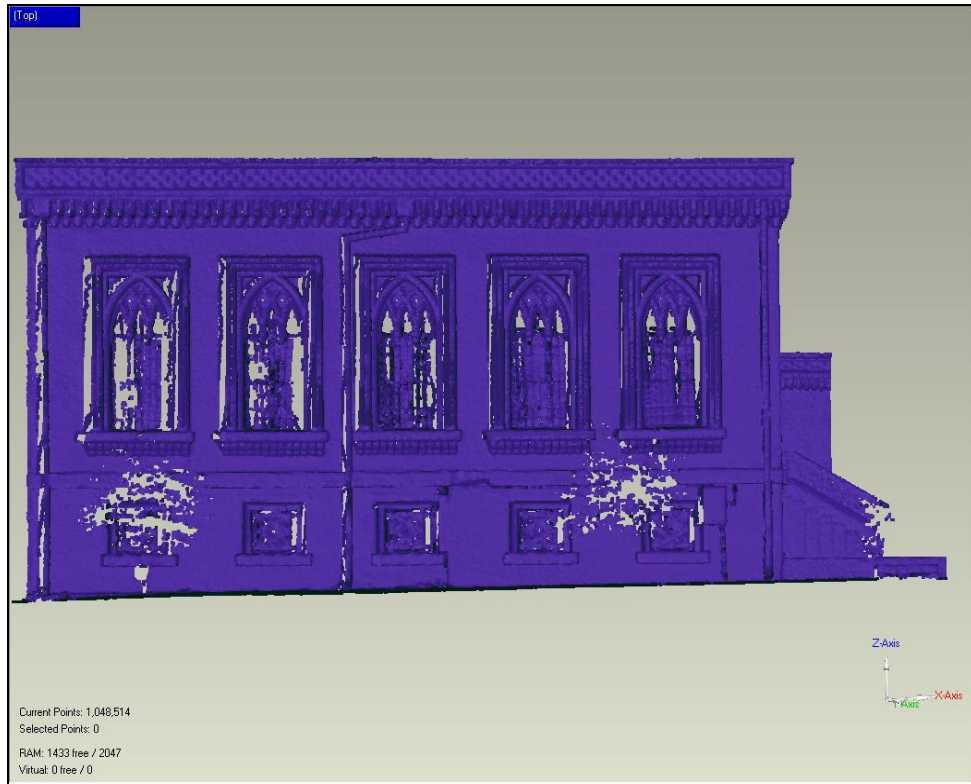
Seçilen noktalar Erase

komutuyla veya klavyeden Delete tuşuyla silinir. Ana nokta bulutundan bağımsız halde bulunan noktalar halen var olduğundan temizleme işlemine devam edilir.

Aşağıda görünen verilerden bağımsız olan nokta bulutları modellemeye girmeyeceği için nokta bulutu içerisindeki istenmeyen bölümler manuel olarak silinir. Bunun için ekranın sağ tarafındaki ikon bölümden Lasso Tool sekmesi seçilir ve silinecek olan bölge dikkatlice seçilir.

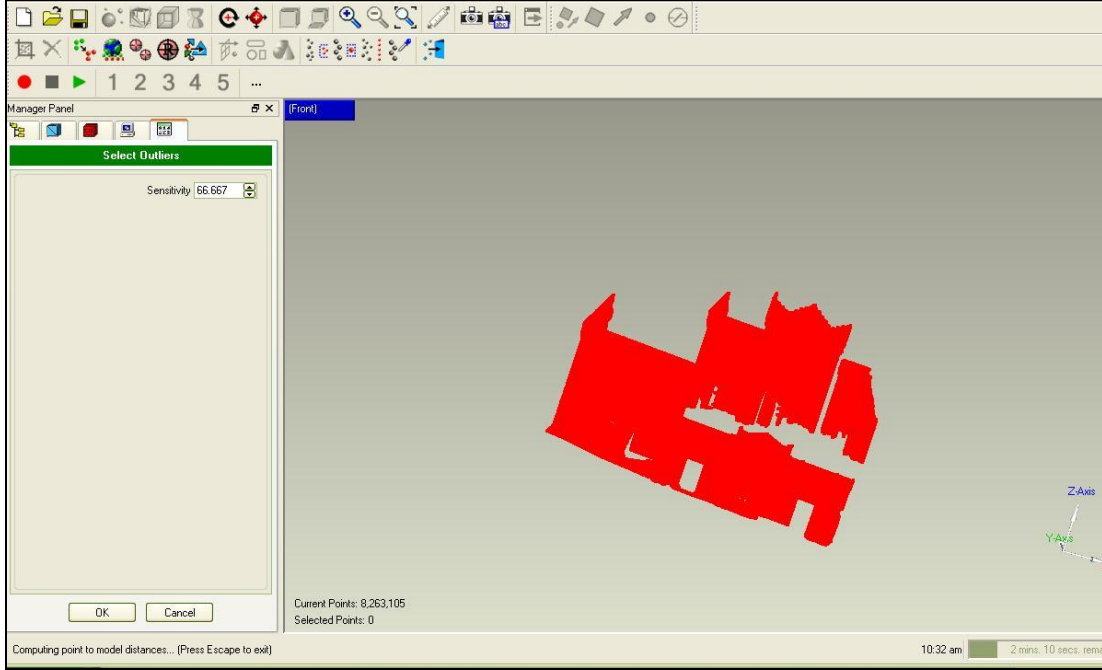


Şekil 4.11 : Silinecek kısımların lasso tool butonu ile seçilerek silinmesi.

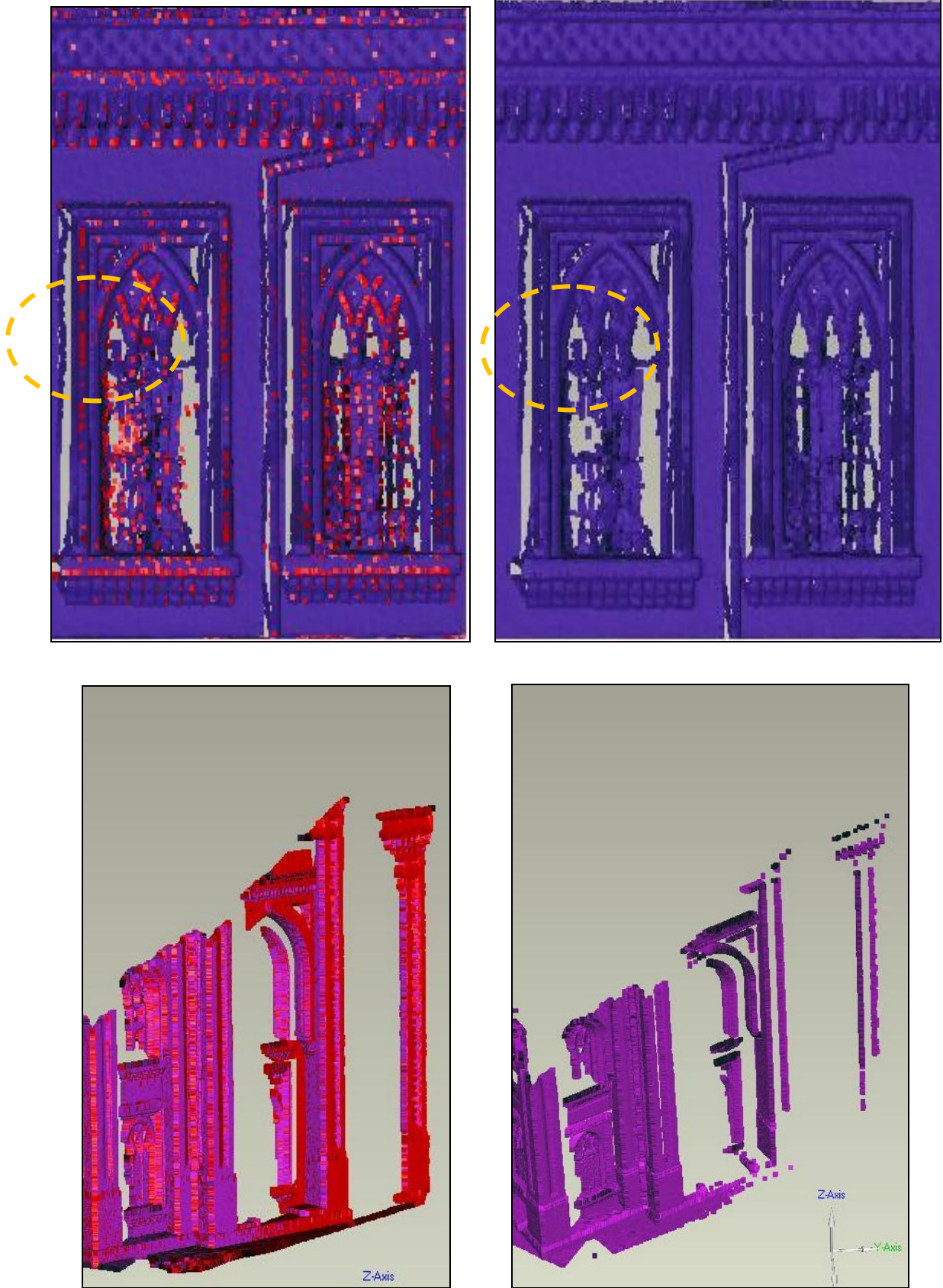


Şekil 4.12 : Manuel Delete işleminden sonra temizlenmiş veriden bir görüntü

Select outliers butonu kullanılarak elle temizlenen verilerin *sensitivity* derecesi belirlenerek ana nokta bulutundan ayrılan parçaların belirlenen hassasiyet yüzdesine göre temizlenmesi sağlanır. Programda default olarak görünen yüzde 66.667 değeri değiştirilmeden işlem uygulanır ve bir sonraki işlem adımı olan Reduce Noise adımı gerçekleştirilir.



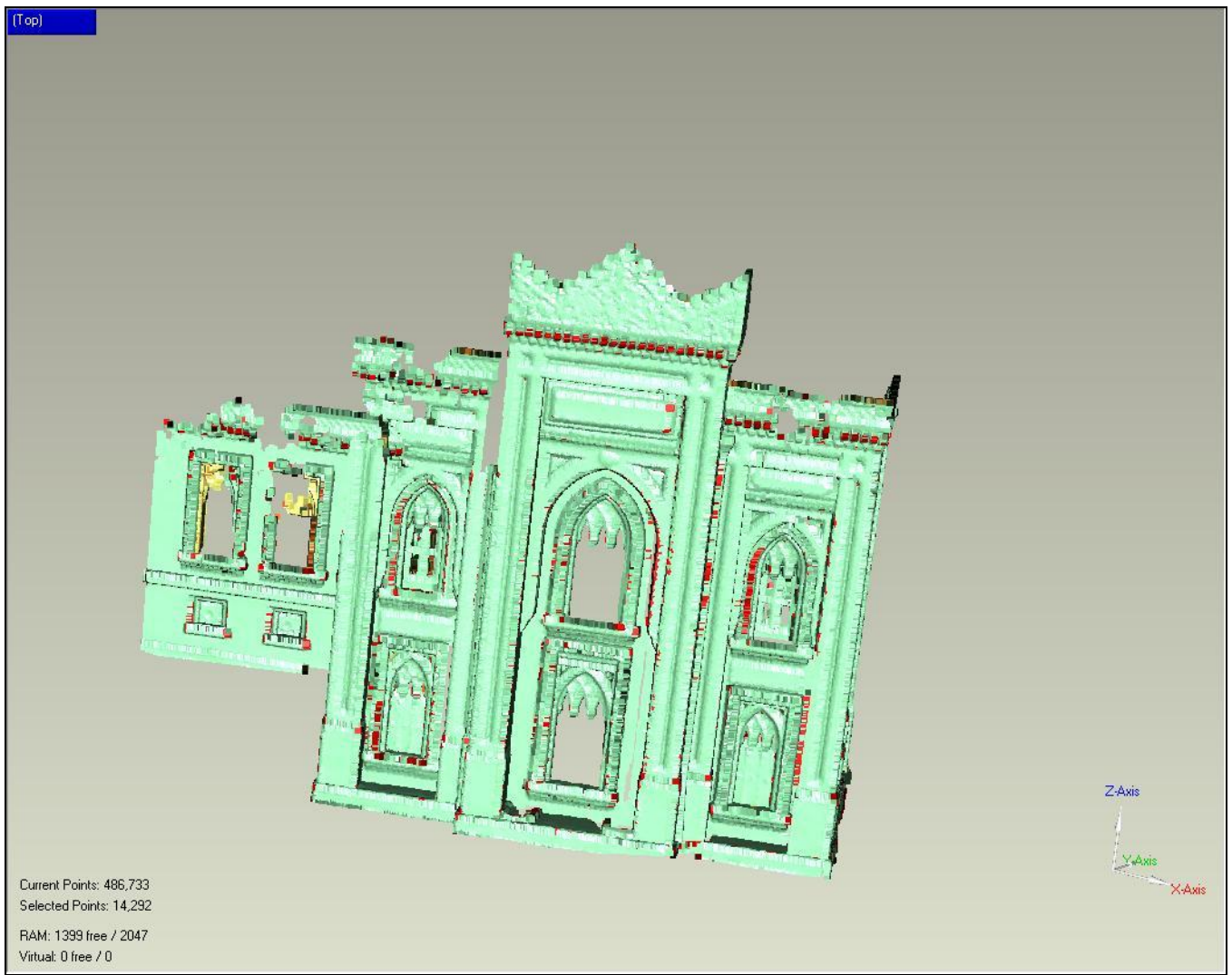
Şekil 4.13 : Select Outliers komutu



Şekil 4.14 : Select outliers komutuyla belirlenmiş ayırık nokta kümeleri ve bu kümelerin temizlenerek veriden ayrılmış hali.

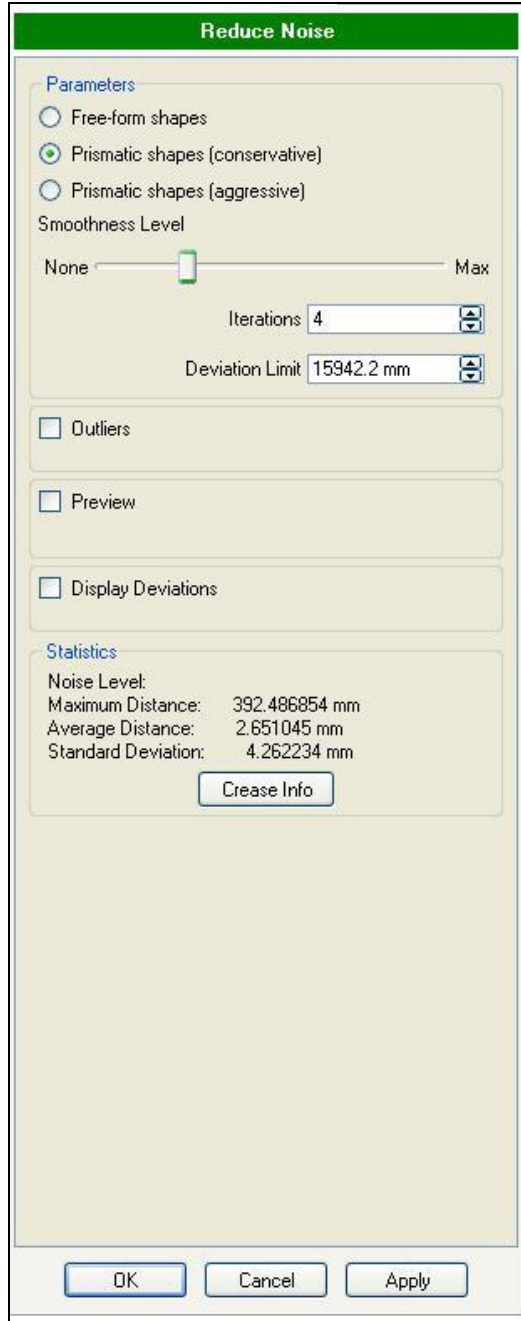
Seçilen noktalar Erase komutuyla veya klavyeden Delete tuşuyla silinir. Dağı nık noktaların her iki tarama noktasında da  temizlenmesinden sonra gürültü azaltma işlemine geçilir.

Tarama (Scanning) ya da Sayısallaştırma işlemleri sırasında verinin içinde “Gürültü (Noise)” ortaya çıkar. Gürültü Elemanı (Noisy Data) model yüzeyinin kaba veya pürüzlü olmasından, Tarama sırasındaki titremelerden, Tarayıcıların kalibrasyonlarının hatalı olmasından ya da fiziksel obje yüzeyinin zayıf hazırlanmasından ötürü meydana gelir.



Şekil 4.15 : Reduce Noise komutu ile veri üzerinde belirlenen hatalı nokta kümeleri

Oluşan bu Gürültüyü yok etmek için Points Menüsü'nden (veya Toolbar'dan) “Reduce Noise (Gürültü Azaltma)” sekmesine basılır. “Reduce Noise” Gürültüyü azaltarak objenin gerçek şeklinin daha iyi görülmesini sağlar.



Şekil 4.16 : Reduce Noise komutu

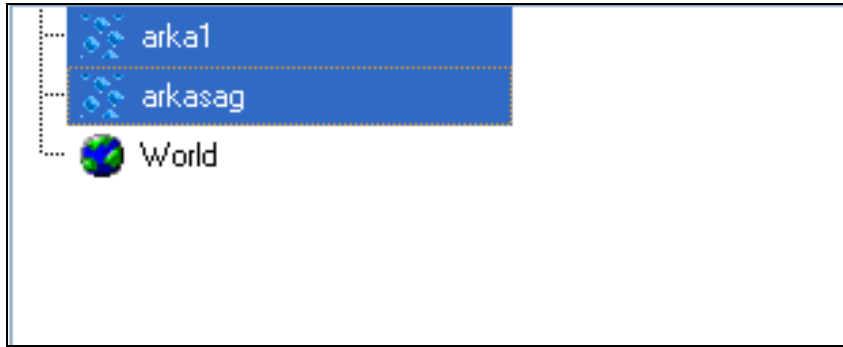
Yerleştirme (Registration) İşlemi:

Her iki tarama noktasındaki gereksiz noktaların silinmesi, gürültü azaltma, veri filtreleme ve nokta inceltme işlemlerinden sonra registration (ayrı noktalardan yapılan taramaların birleştirilmesi veya yerleştirilmesi) kısmına geçilir. Registration (Yerleştirme) işlemi iki bölümden oluşur.

1. Manual Registration
2. Global Registration

Manual Registratiton

Registration (Yerleştirme) için model panelinden her iki tarama seçilir ve üst menüden Manual Registration ya da Tools → Registration → Manual Registration sekmelerine basılarak yapılır.



Şekil 4.17 : Manual Registration komutu içerisinde birleştirilecek olan verilerin seçilmesi

Manual Registration

Mode

☐ 1-Point Registration

☒ n-Point Registration

☐ Delete Points

Define Sets

☐ Fixed

on

on+sol

☒ Floating

on

on+sol

☒ Shaded Points

☐ Show RGB Color

Sampling

100 %

Register

Clear

Unregister

Modify...

☒ Add to group

Group 1

Statistics

Average Distance:

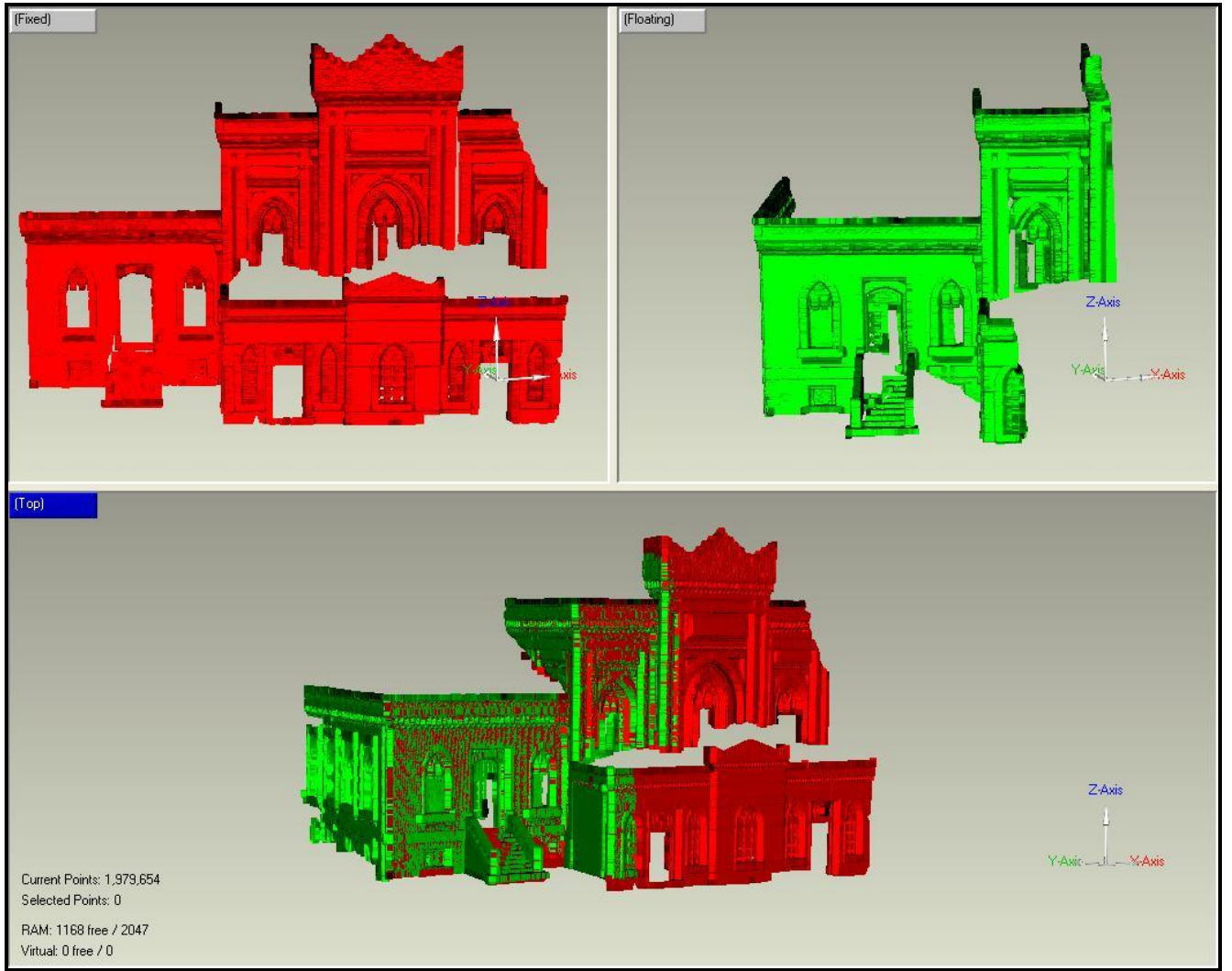
Standard Deviation:

OK

Cancel

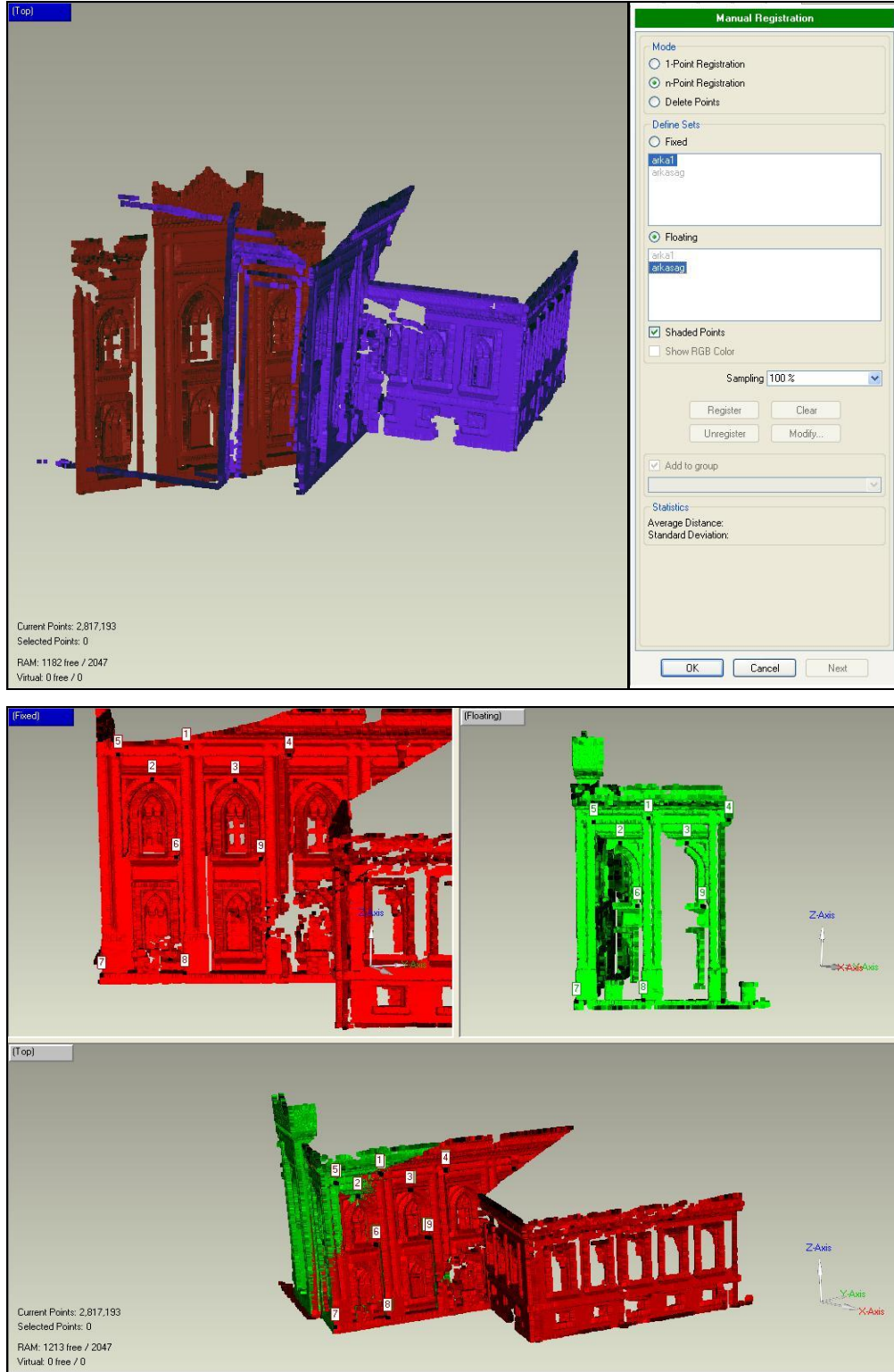
Next

Şekil 4.18 : Manual Registration penceresi

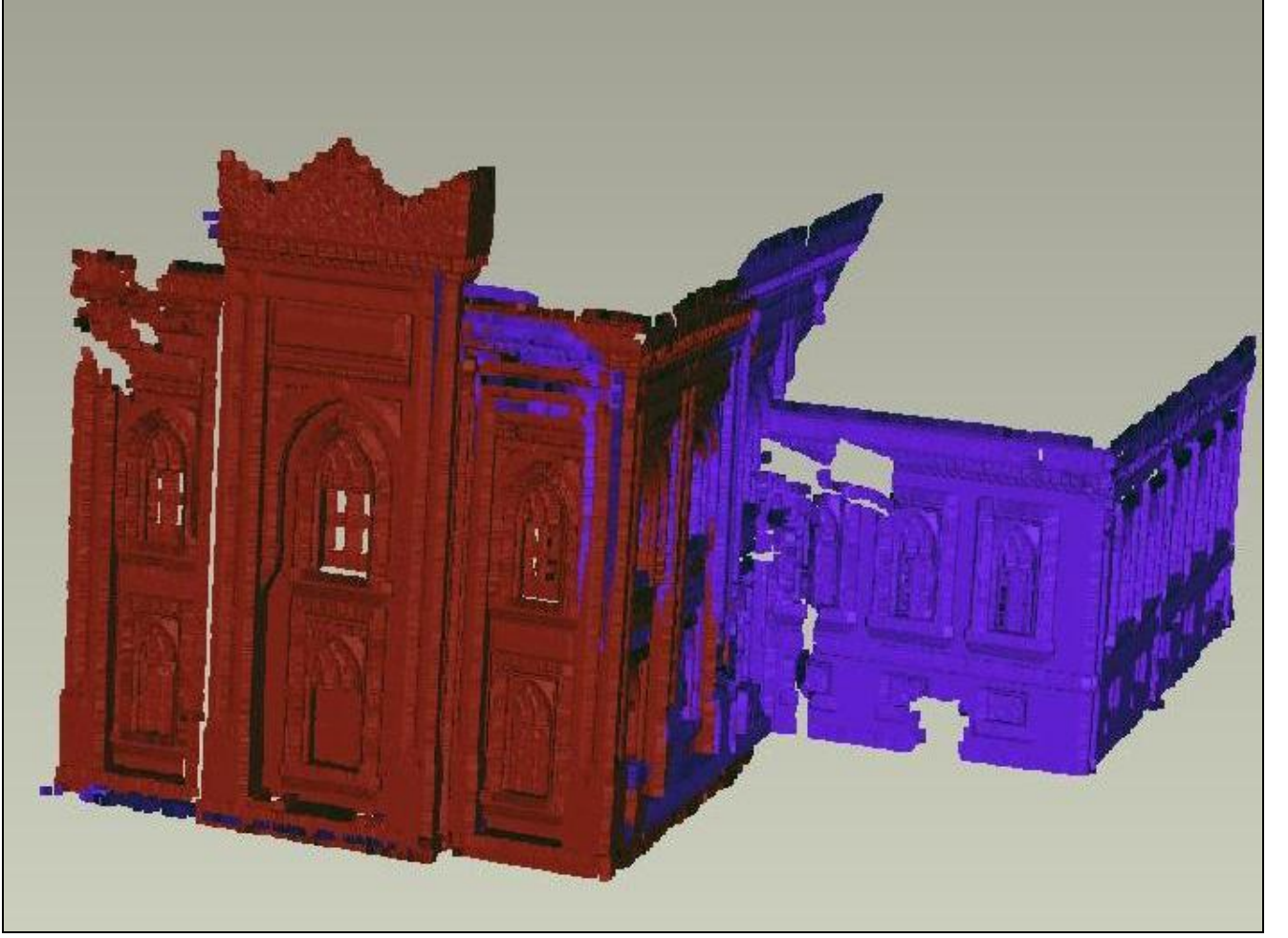


Şekil 4.19 : Çeşitli cephelerin manual registration işlemiyle eşlenik noktalar yardımıyla birleştirilmesi.

Taramalar seçildikten sonra registration için nokta atmaya geçilir. Noktalar her iki taramada da ortak olan ve belirgin yerlere atılmalıdır



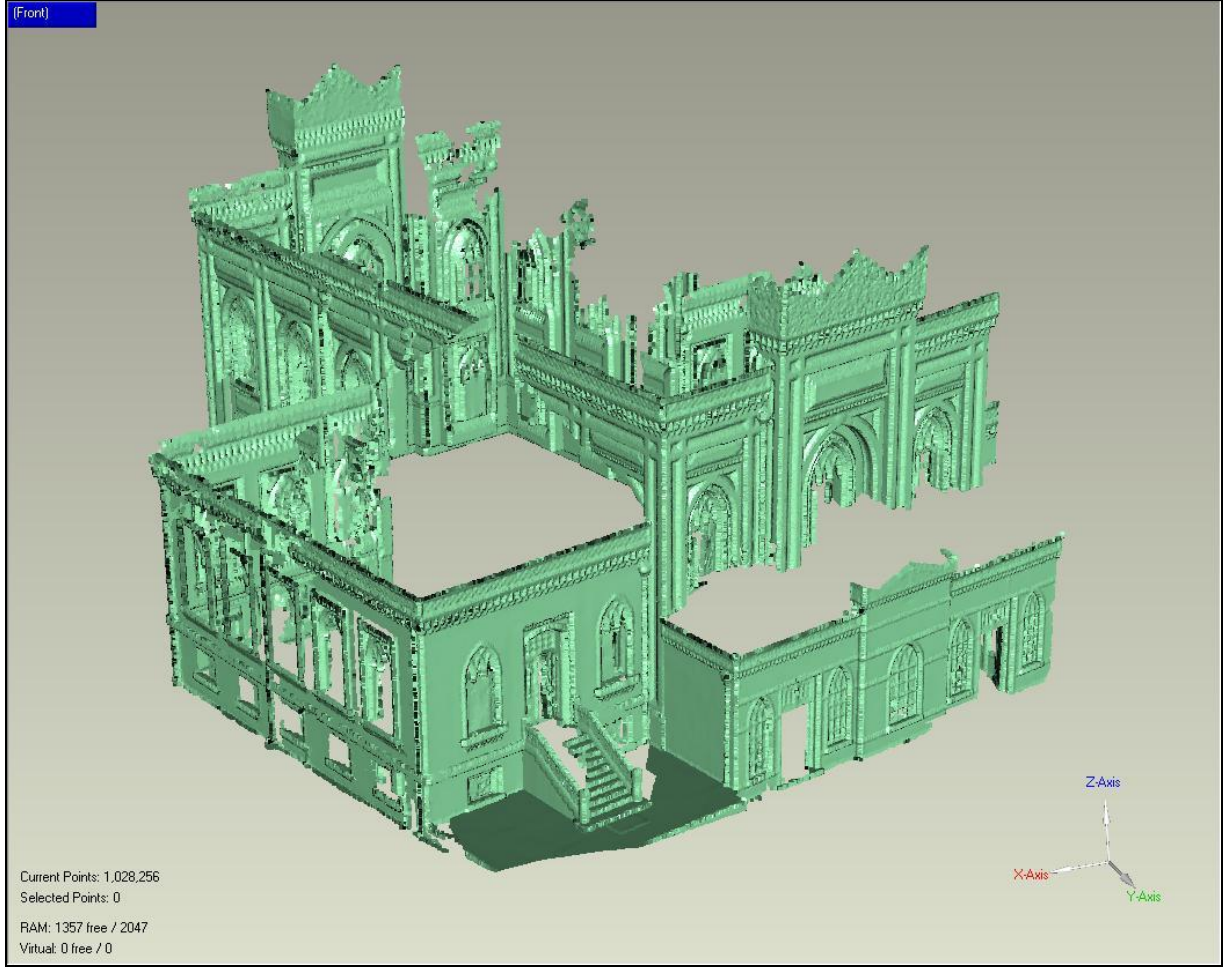
Şekil 4.20 : Manual Registration işlemi ile eşlenik noktaların seçimi



Şekil 4.21 : Manual Registration işlemi sonrası birleştirilen iki parçanın görünümü

Büyük cephe yüzeylerinden toplanan eşlenik noktaların sayısının optimum olmasına dikkat edilir. Yanlış yere nokta atıldığında veya daha belirgin bir yere nokta atılmak istendiğinde Manual Registration penceresinde Clear (temizle) tuşuna basılır. Nokta atımı tamamlandıktan sonra yine aynı menüde Register sekmesine basılır. Yapılan Registration işlemi başarısızsa Unregister butonuna basılıp Registration işlemi tekrarlanır.

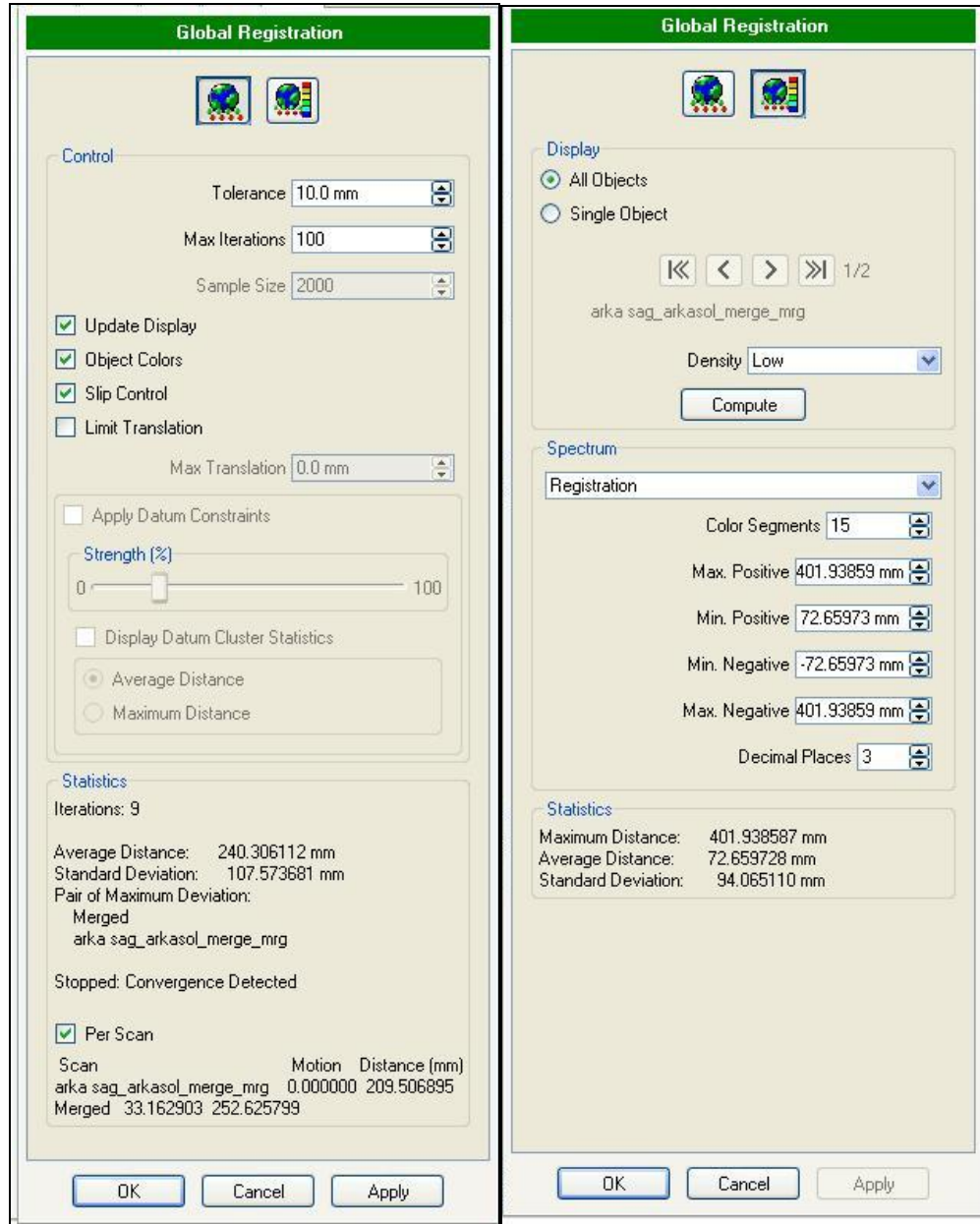
Ekrandaki gereksiz noktalar silindiğinde aşağıdaki model elde edilmiş olur.



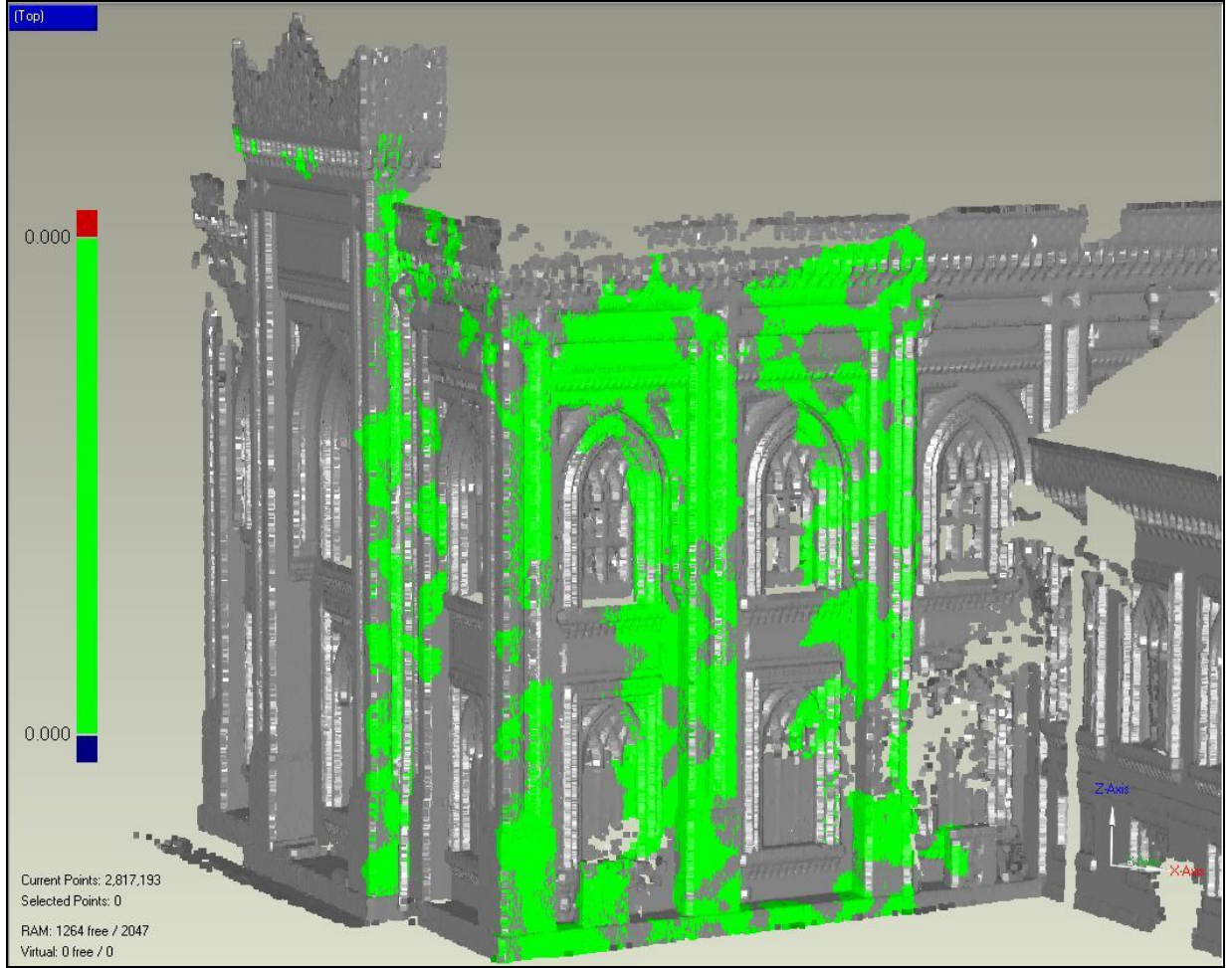
şekil 4.22 : Manual Registration işleminden sonraki model

Global Registration

Manual Registration bitirildikten sonra Global Registration işlemine geçilir. Bu fonksiyon kabaca birbirine bağlanan taramaları yeniden süzgeçten geçirip bağlantıları düzenler ve taramalar arasındaki sapmaları minimize eder. Üst menüden Global Registration ya da Tools → Registration → Global Registration sekmelerine basılarak yapılır.

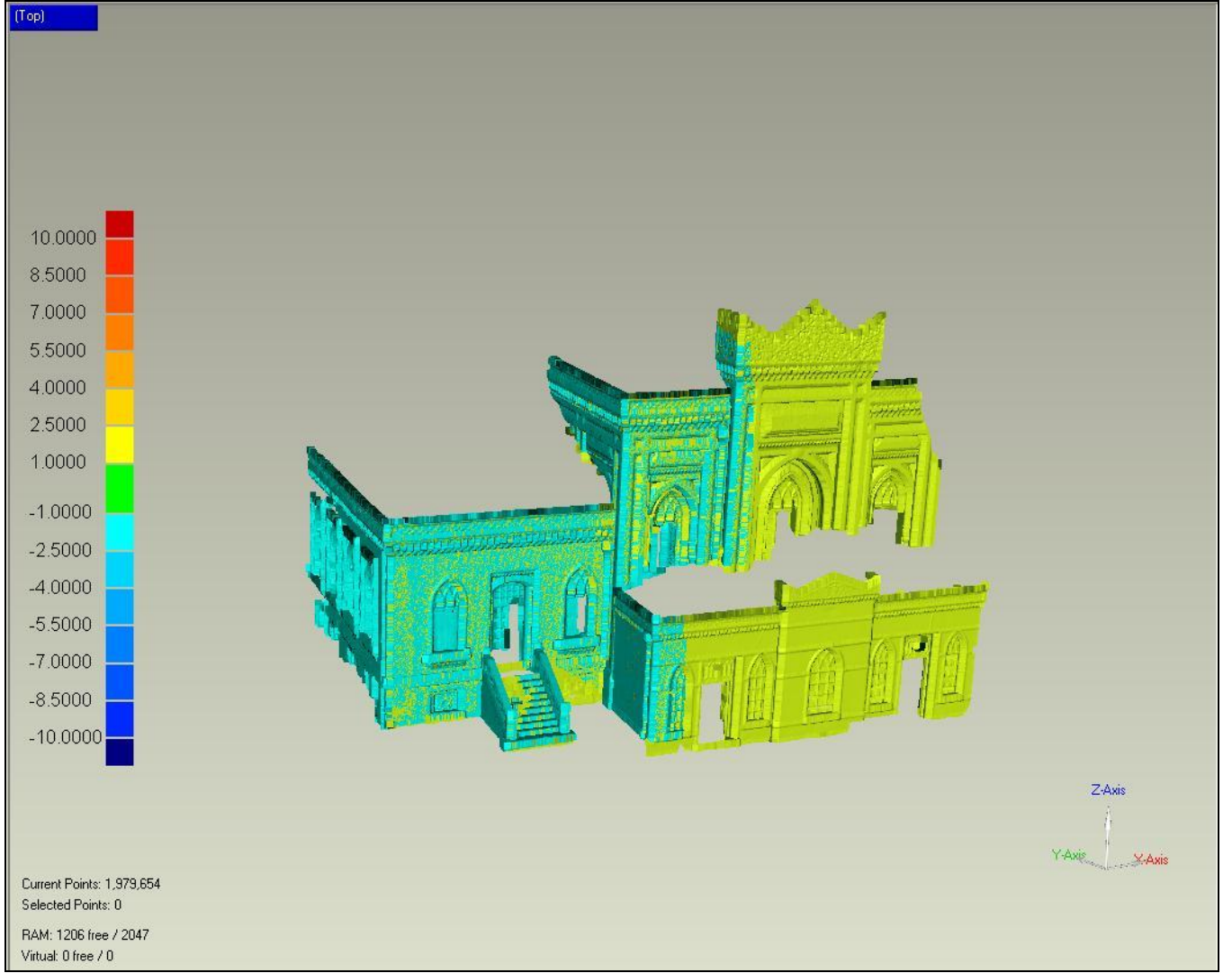


Şekil 4.23 : Global Registration komutu



Şekil 4.24 : Global Registration işlemi

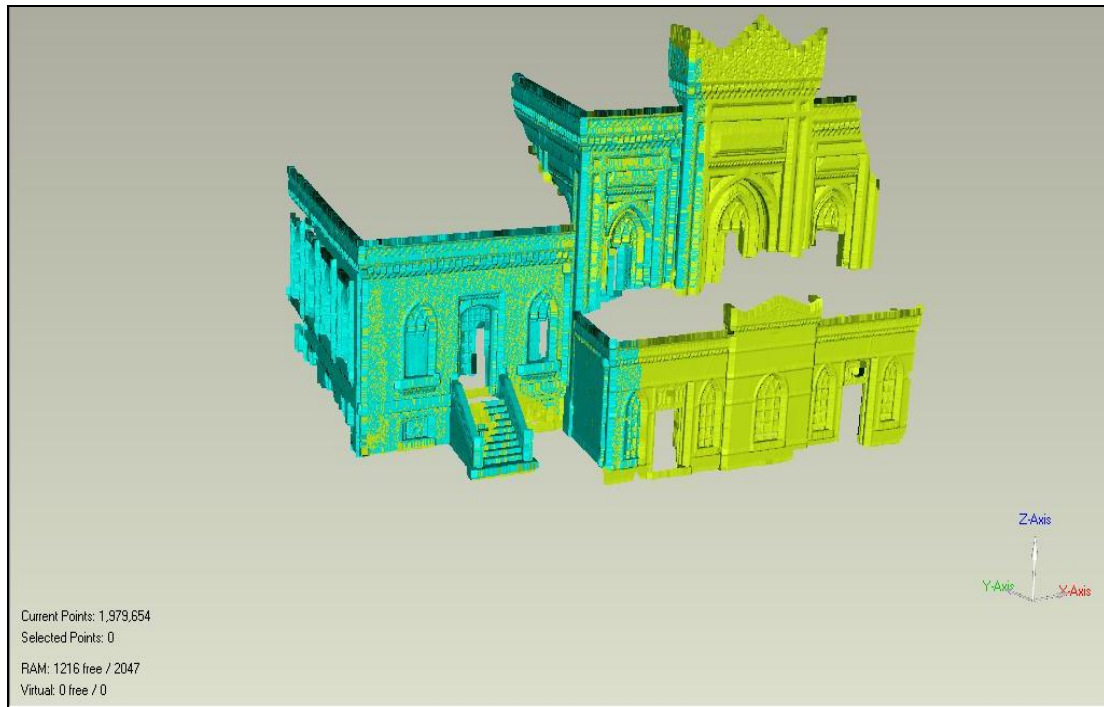
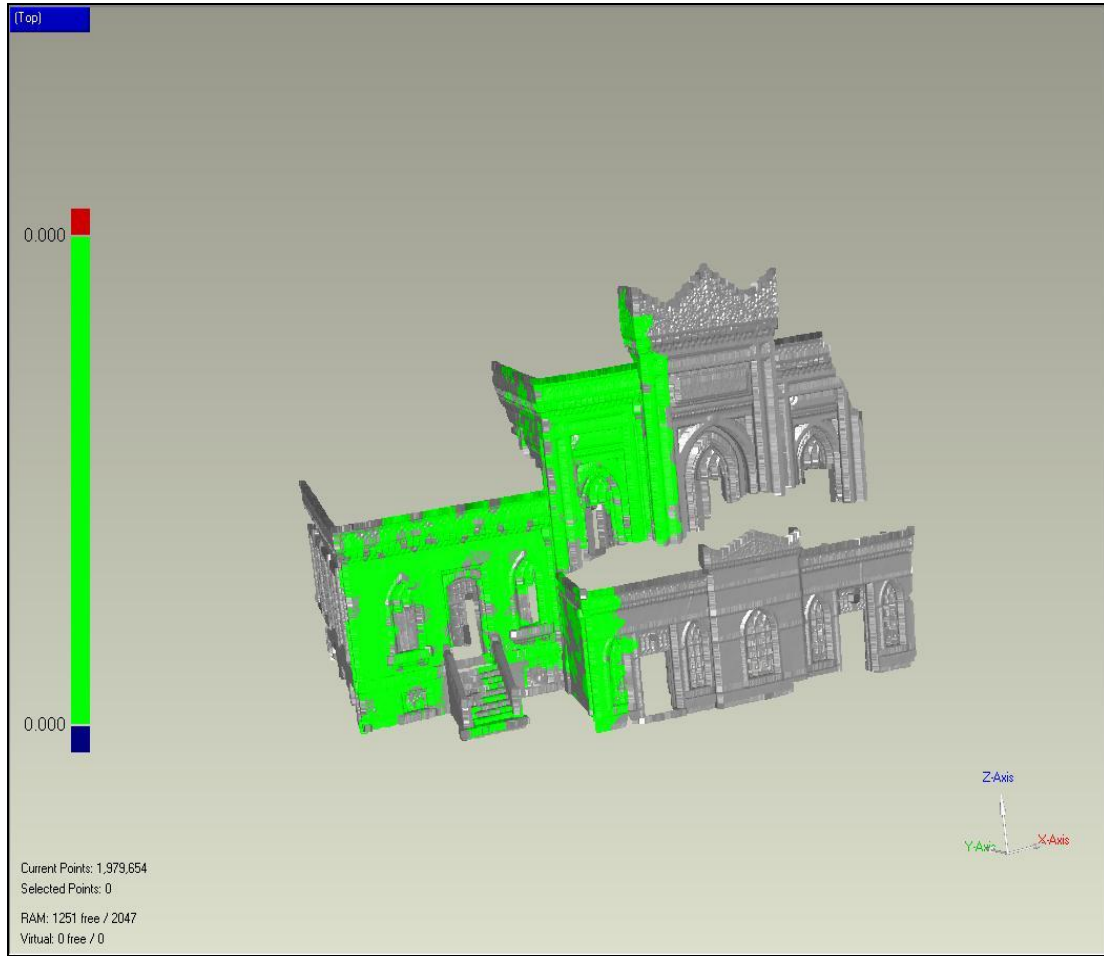
Açılan diyalog kutusunda Tolerance (Tolerans) ve Max Iterations (Maksimum İterasyon) bölümleri bulunur. Taramalar arasında daha sıkı bir hizalama (düzenleme) yapmak için programa belirlenen tolerans değerinde çok sayıda iterasyon yaptırılabilir. Belirlenen değerler sonrasında Apply tuşuna basılır ve elde edilen sonuçlar Statistics (İstatistik) bölümünde gösterilir. Bu uygulama için maksimum iterasyon sayısı 100, tolerans değeri de 12mm olarak alındı



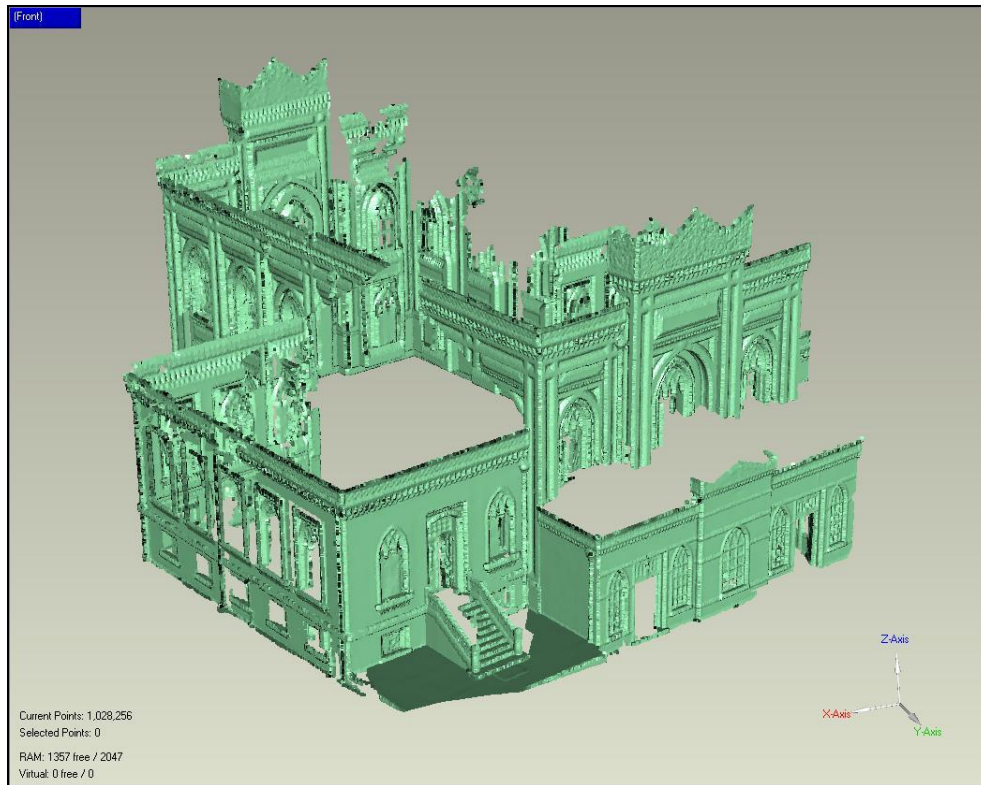
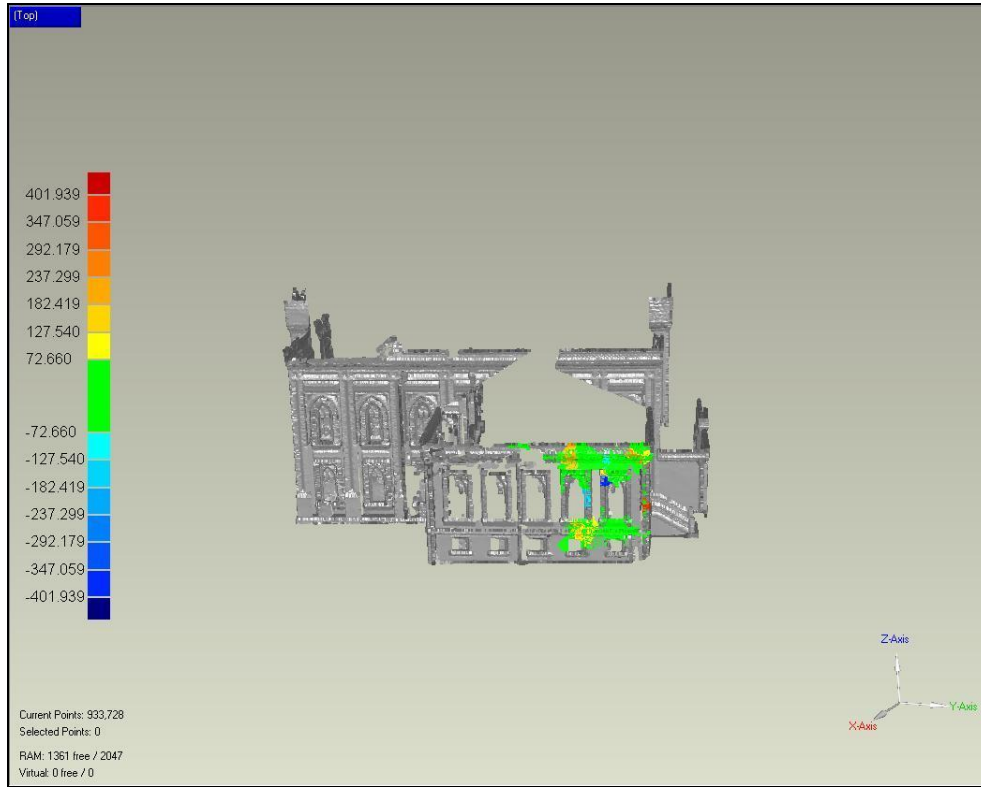
Şekil 4.25 : Global Registration ile birleştirilmiş veriden bir görüntü

Global Registration işlemi üç şekilde sonlanır:

1. İstenilen tolerans değerine ulaşıldığında
2. Maksimum iterasyon sayısı tamamlandığında
3. Belirli sayıdaki iterasyonlar uyumsuz olduğunda



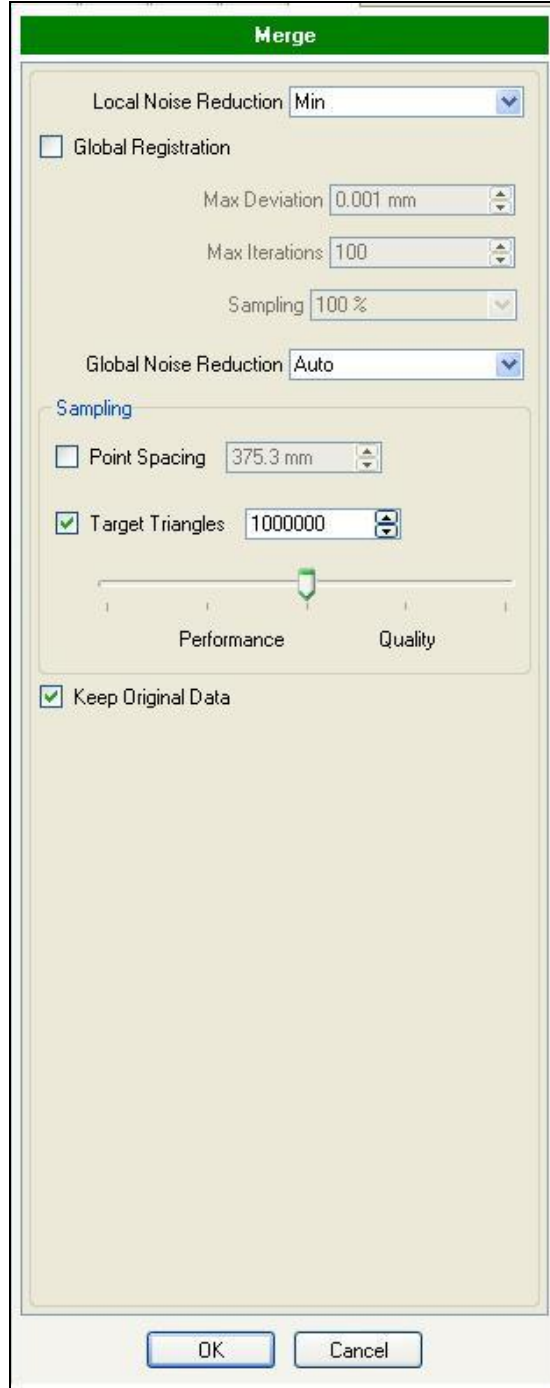
Şekil 4.26 Her cephe için tek tek uygulanan işlem aşaması



Şekil 4. 27 Birleştirilmiş veriden bir görünüm

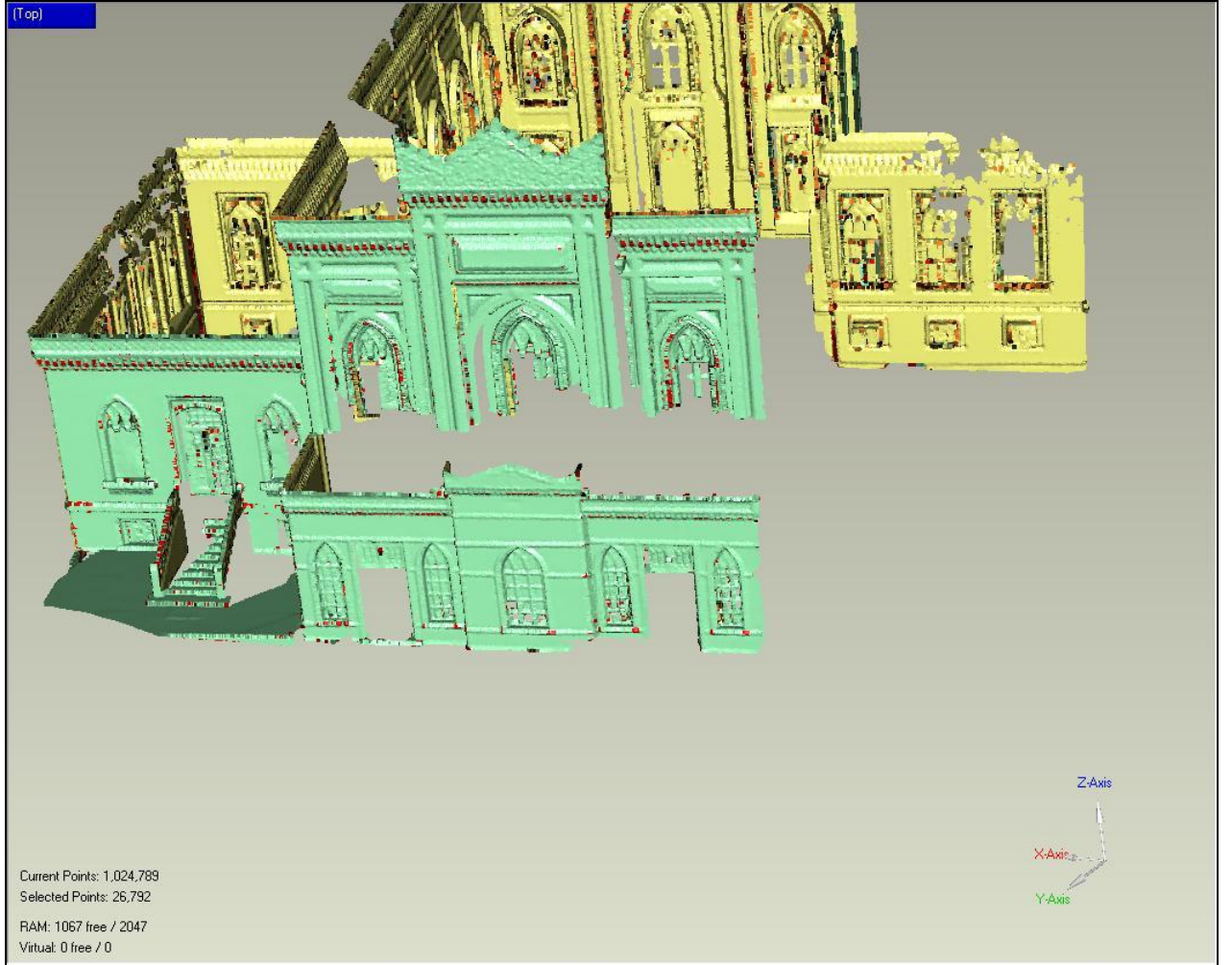
Birleştirme (Merge) İşlemi

Global Registration işlemi tamamlandıktan sonra Merge (Birleştirme) işlemine geçilir. Üst menüden Merge ya da Points → Merge sekmelerine basılarak yapılır.



şekil 4.28 : Merge Komutu

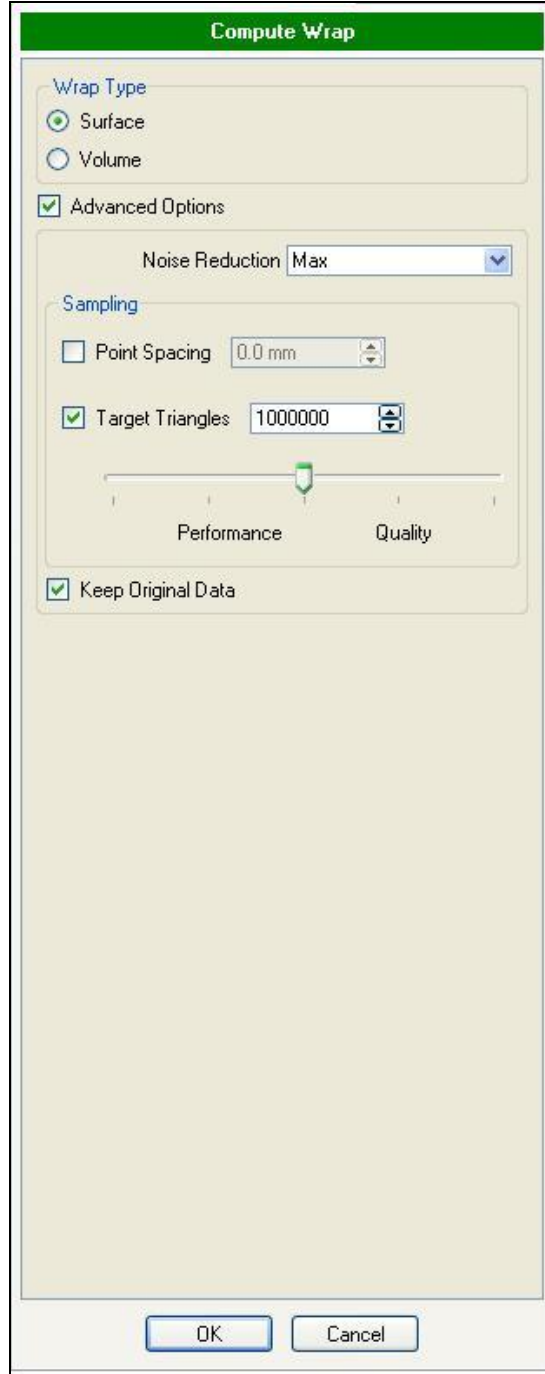
Açılan diyalog kutusunda her iki gürültü azaltma sekmesi minimuma getirilir. Böylece verideki pürüzler giderilmiş olur. Merge işlemi gürültü azaltmanın ve taramaları birleştirmenin yanı sıra taramalardaki gereksiz verileri de ortadan kaldırır. Global Registration işlemini bir önceki adımda gerçekleştirdiğimiz için kutu işareti kaldırılır ve OK tuşuna basılır. Şekil 4.29 oluşturulan modeli göstermektedir.



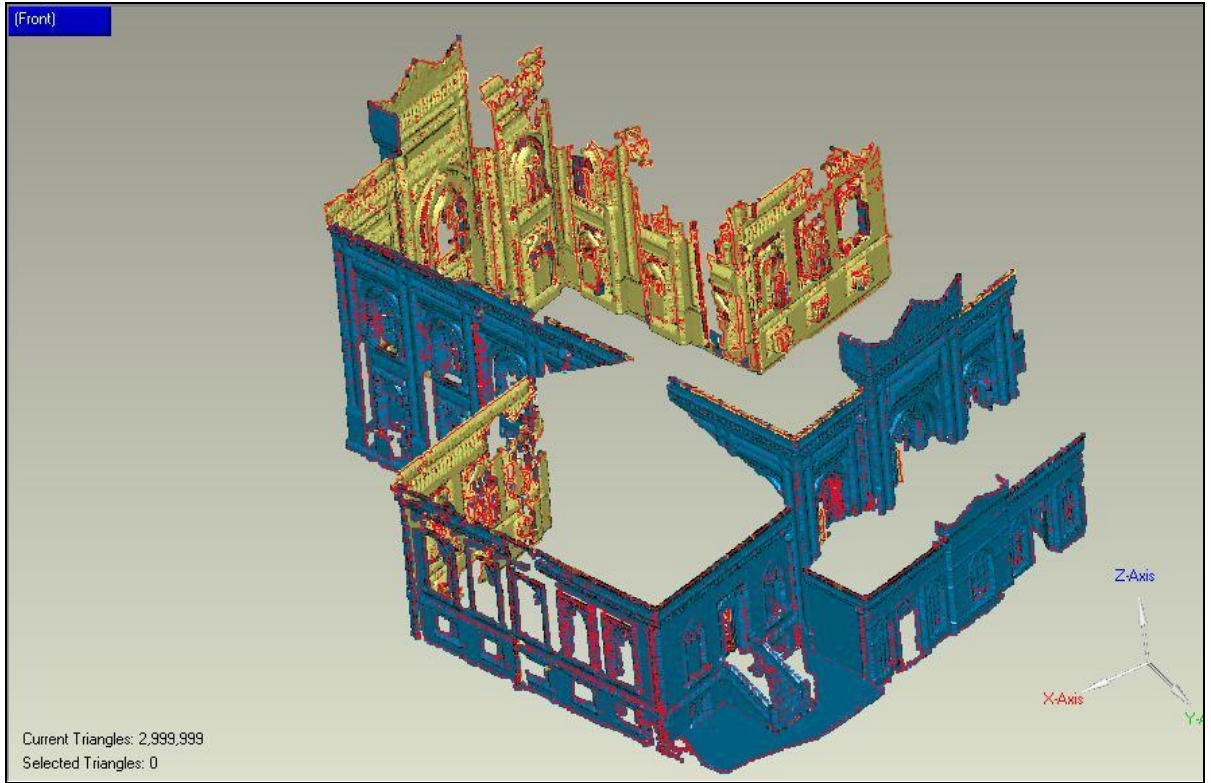
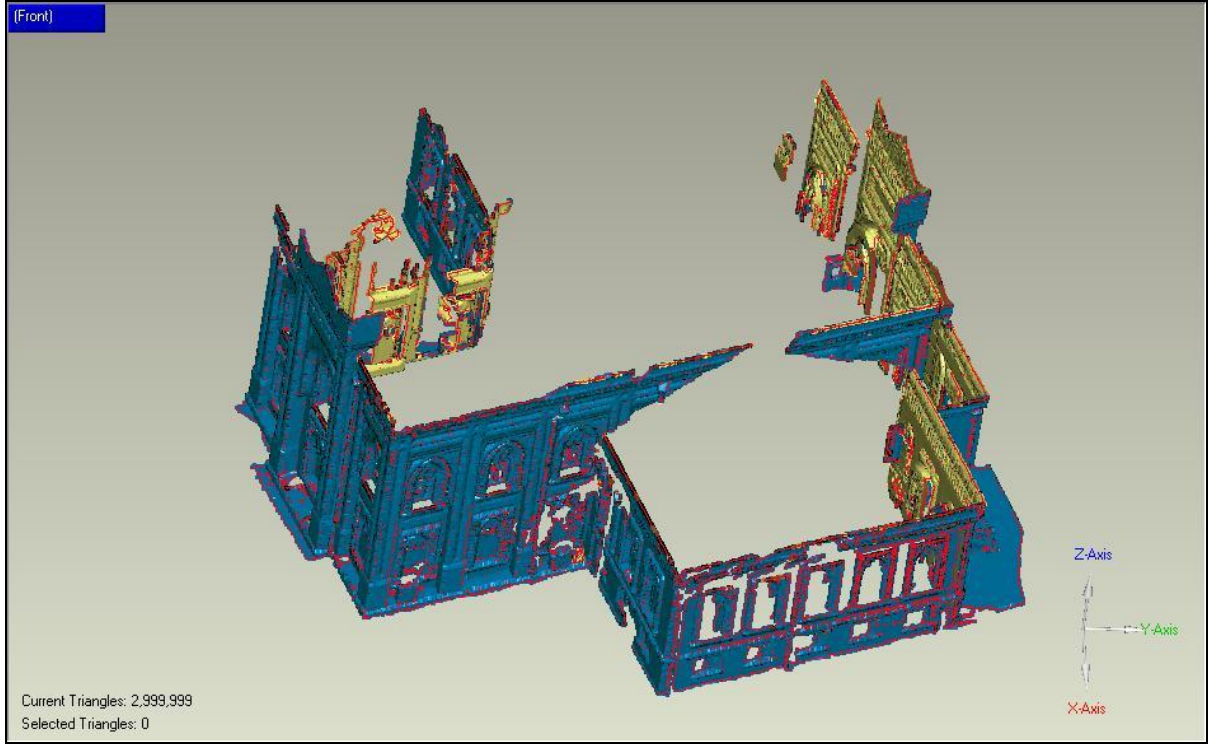
Şekil 4.29 : Merge Sonrası Model

Wrap komutu ile modelde yüzey oluşturma

Model oluşturulduktan sonra Wrap komutu ile yüzey geçirilir.



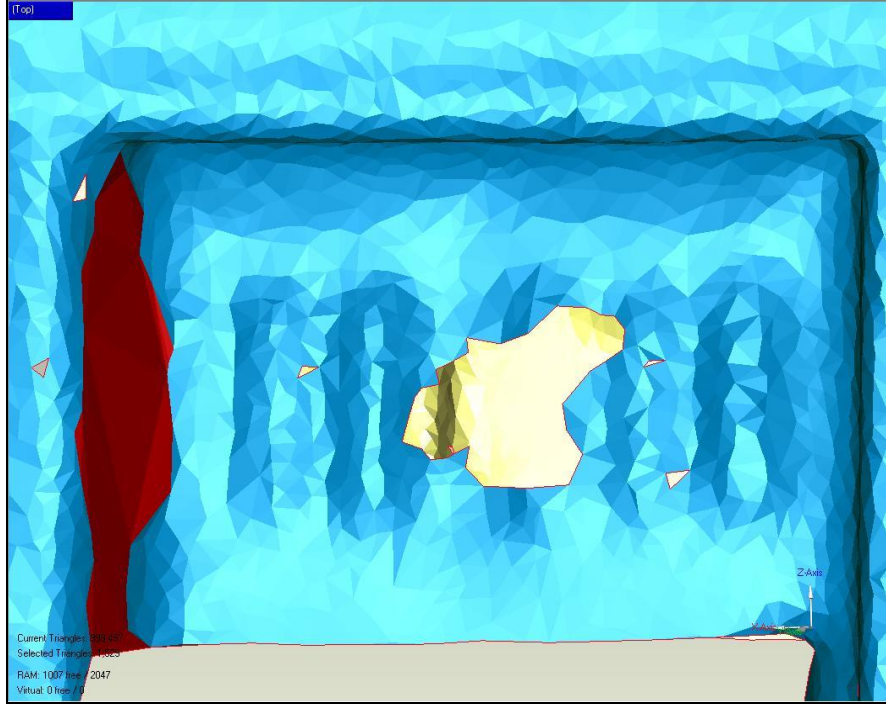
Şekil 4.30 : Wrap komutu



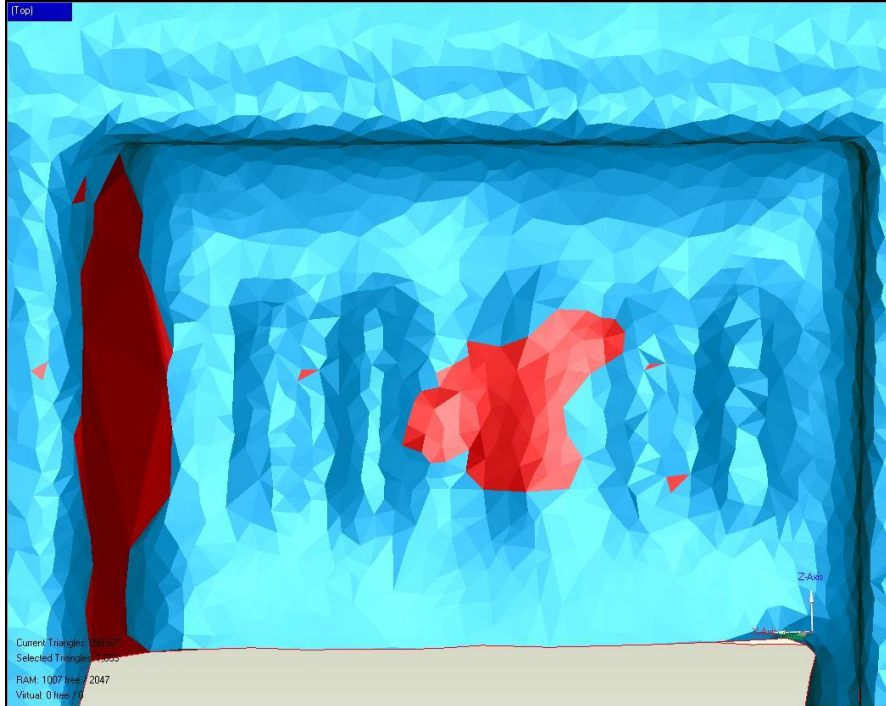
Şekil 4.31 : Wrap sonrası modele farklı açılardan bakış

Boşluk doldurma (Fill holes)

Realxing işleminden sonra sıra Fill Holes (Boşluk Doldurma) işlemine gelir. Üst menüden Fill Holes ya da Polygons → Fill Holes sekmelerine basılarak yapılır.

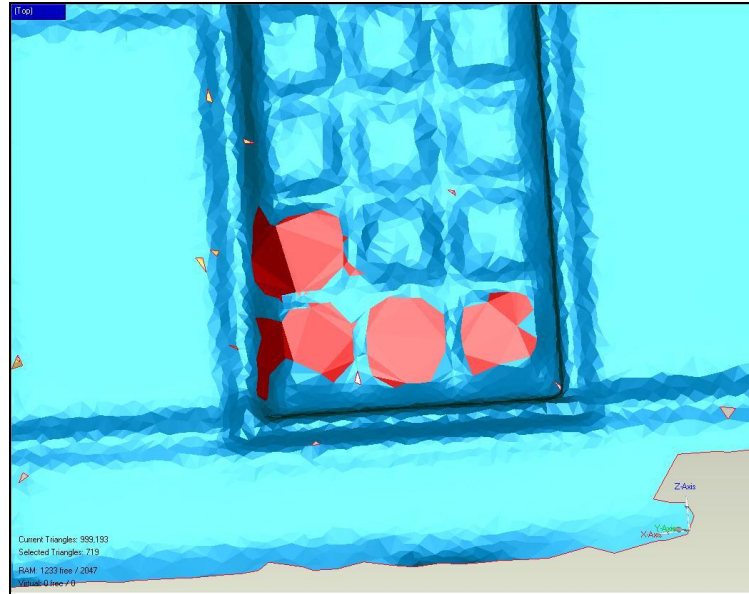
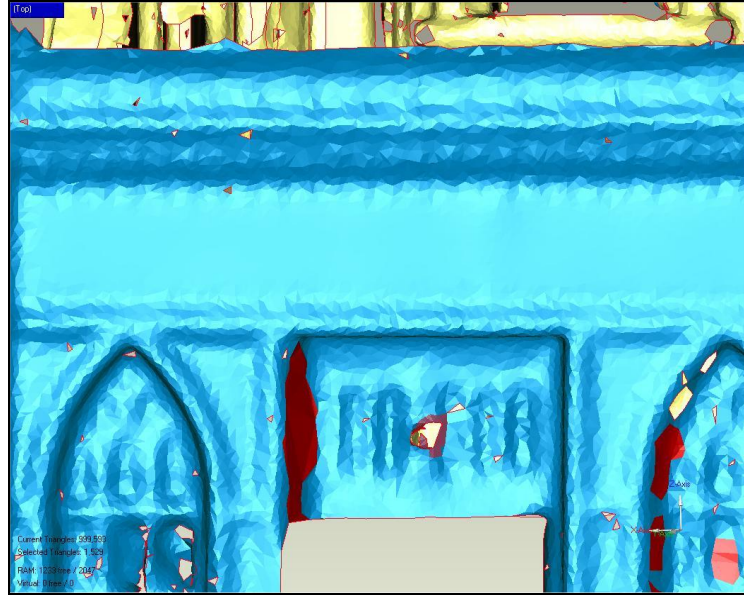


Şekil 4.32 : Modeldeki boşluklar



Şekil 4.33 : Boşlukların giderilmesi

Açılan diyalog kutusunun ilk satırındaki Statistics (İstatistik) bölümünde belirlenen boşlukların sayısı verilir. All Holes (Tüm Boşluklar) sekmesi işaretlenir ve Fill All (Hepsini Doldur) sekmesi işaretlenir. İşlem bitirildikten sonra OK tuşuna basılarak işlem tamamlanır.



Şekil 4.34 Farklı yüzeylerde boşluk doldurma örnekleri

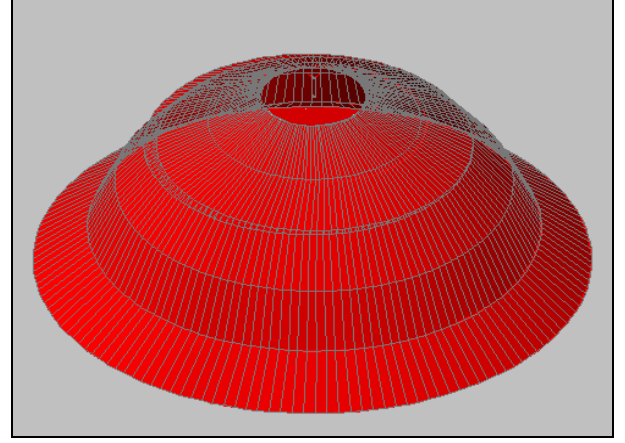
Modeldeki boşluklar program tarafından doldurulabileceği gibi nesnenin büyüklüğüne bağlı olarak bir takım yetersizlikler ve hatalar doğurabileceği de göz önüne alınarak lokal olarak da doldurulabilir.

4.3.3 Hamidiye Camii'nin Lazer Tarayıcı İle Alınamayan Kubbesinin Jeodezik Yöntemle Alınması ve Lazer Tarayıcı İle Elde Edilen Modele Entegrasyonu

Hamidiye Camii'nin modellemesi için lazer tarayıcı ile veri toplanmış ancak sahip olduğu kurşun yapısının sebep olduğu saçınımdan ötürü kubbe kısmının alımı yapılamamıştır. Bu yüzden Totalstation ile jeodezik olarak nokta okumaları yapılmış olup ölçülen noktalarla oluşturulmuş kubbe modeli .dxf ortamında sunulmuştur.



Şekil 4.35 Hamidiye Camii'nin Yansımadan Ötürü Alımı Yapılamayan Kubbe Görünümü



Şekil 4.36 : Lazer tarayıcı ile alımı yapılamayan kubbenin AutoCAD ortamında oluşturulmuş katı modeli

Lazer tarayıcı ile parlak yüzeylerdeki ışın saçınımından ötürü veri toplanamaması farklı tekniklerle veri toplama gereksinimi ortaya çıkartmıştır.

Serencebey parkı etrafındaki mevcut nirengi noktaları kullanılarak durulan sabit noktadan kubbenin görünen kısımlarına reflektörsüz total station ile okumalar yapılmıştır. Yapılan bu okumalar lokal koordinat sisteminde olup, referans aldığımız nirengi noktaları baz alınarak ülke koordinat sistemine dönüşümü yapılmıştır.

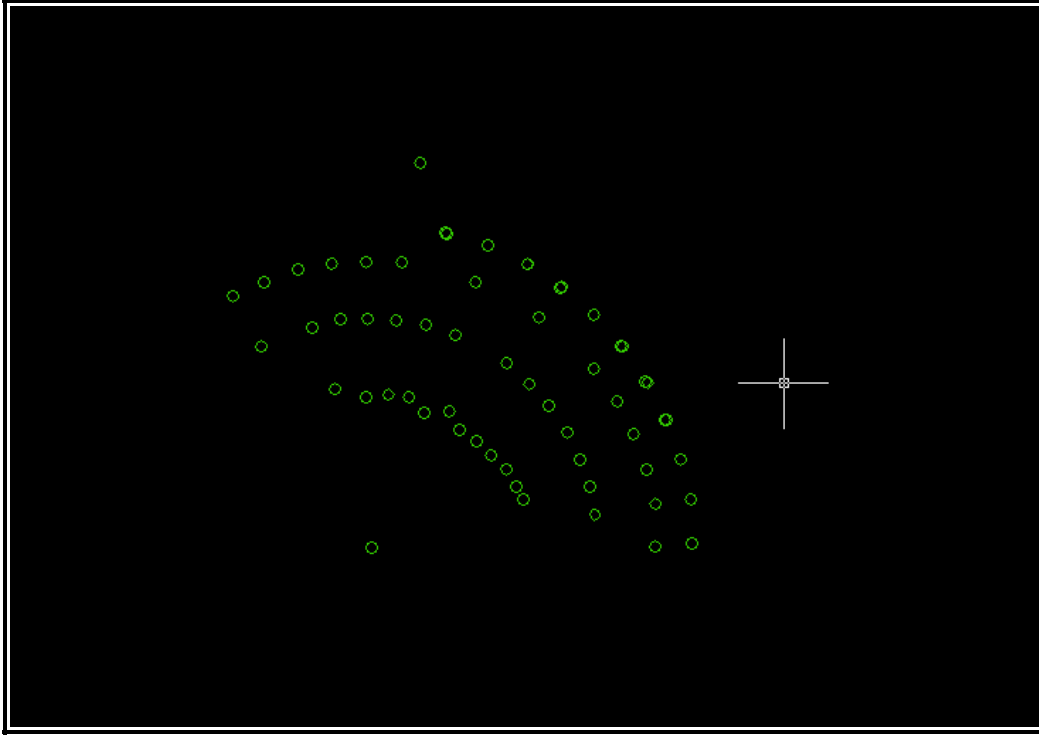
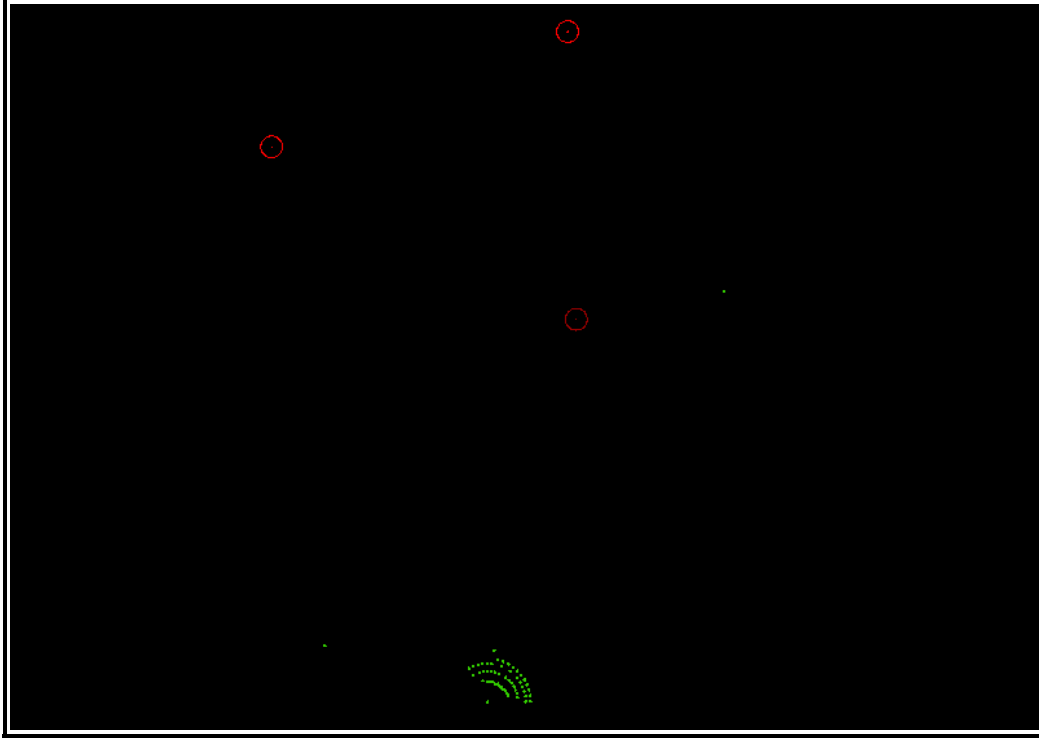
Elde edilen jeodezik noktalar AutoCAD ortamında şu şekilde değerlendirilerek modelleme gerçekleştirilmiştir;

Ölçülmüş nokta dizilerinden yaylar geçecek şekilde birleştirilerek kubbenin alt dizisi oluşturulur. Aynı şekilde sırasıyla bir üst diziyi oluşturan noktalardan geçirilen yaylar ile kubbenin iskelet yapısı ortaya çıkarılmış olur.

Yaylar arasını oluşturan dilimler kendi içlerinde modellenir. Her bir dilim tek parça haline getirilir. Böylece kubbenin yüzey geçirilmiş modellenen yapısı ortaya çıkmış olur.

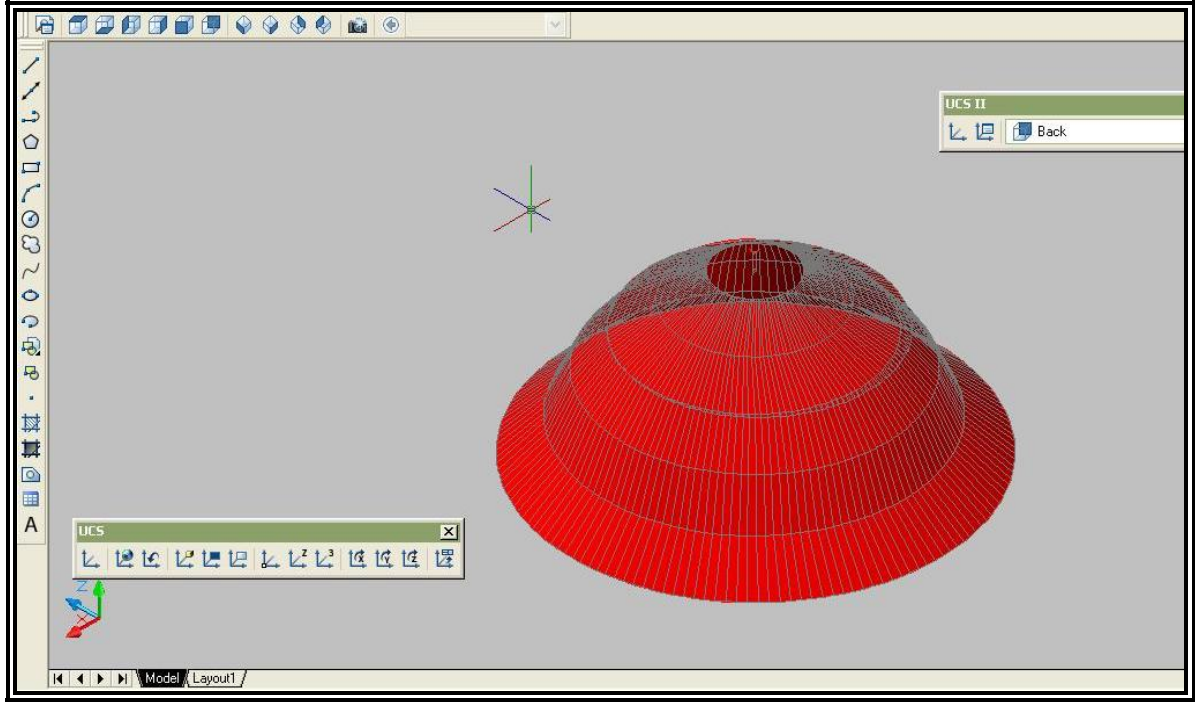
Parlak yüzey yapısına sahip camii kubbesi için ülke koordinat sistemine bağlanarak yapılan jeodezik alımla kubbenin yarıçap ölçüsü çıkartılmıştır.

Şekil 4.37 de Serencebey Parkı'nda mevcut nirengi ağından faydalanılarak kullanılan poligon noktaları görülmektedir.

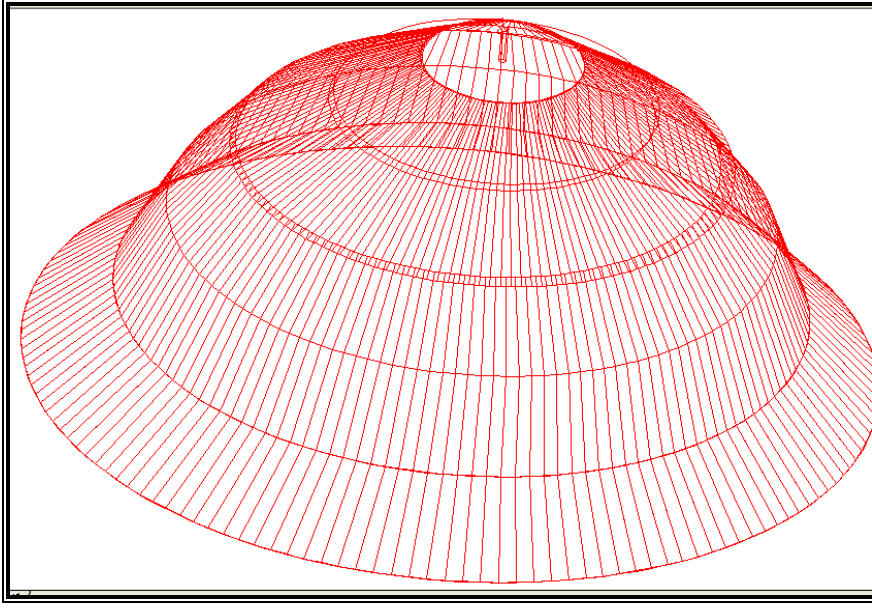


Şekil 4.37 : Totalstation ile okunan noktaların CAD ortamına aktarılmış hali

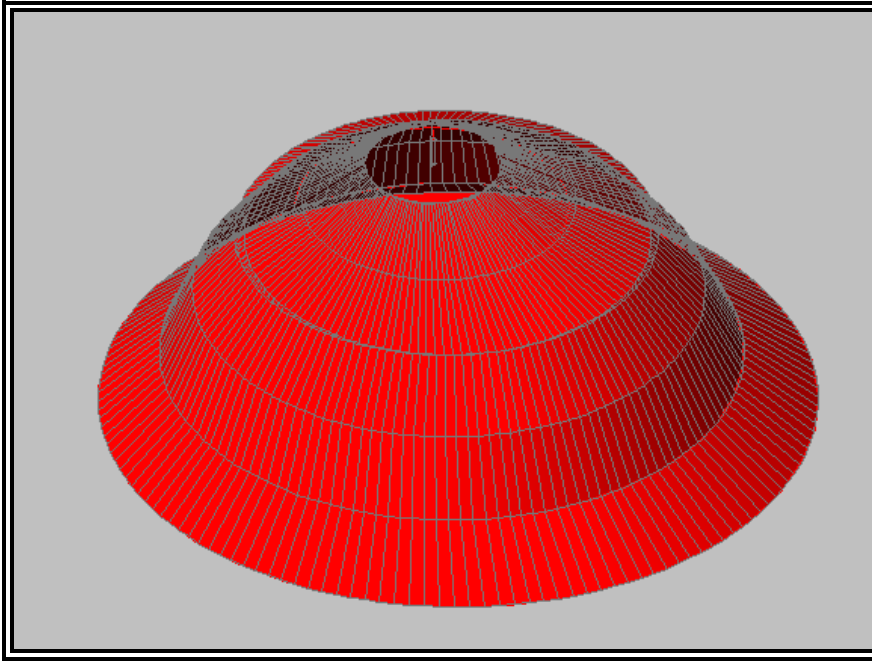
Noktasal alımlar AutoCad ortamında birleştirilerek katı modele altlık sunulacak biçimde yarıçapı da ortaya konularak daireler oluşturularak yüzey geçirilmiş ve Şekil 4.38 de görüldüğü üzere kubbe optimum gerçeklikte modellenmiştir.



Şekil 4.38 : Parlak yüzeyinden ötürü alımı yapılamayan Kubbenin .dxf ortamında katı modelleme yapılarak sunumu.



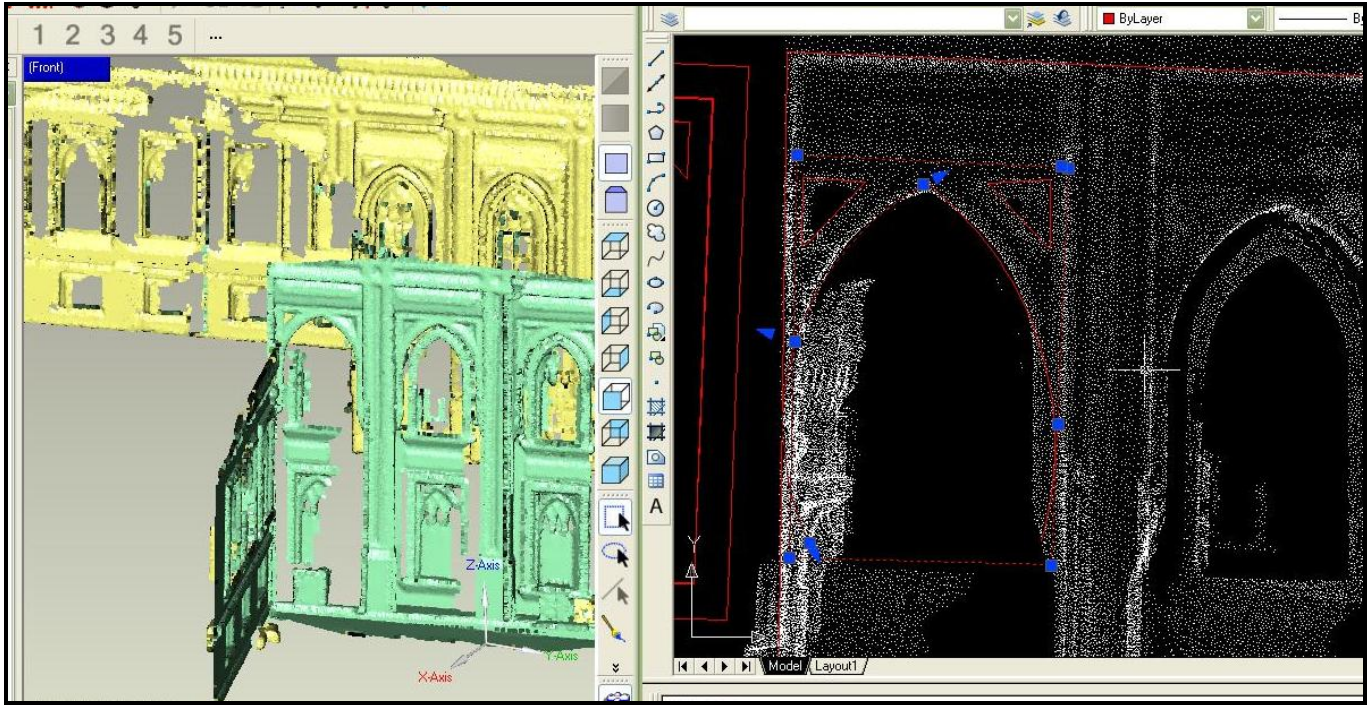
Şekil 4.39 Modelin Tel Kafes Görünümü



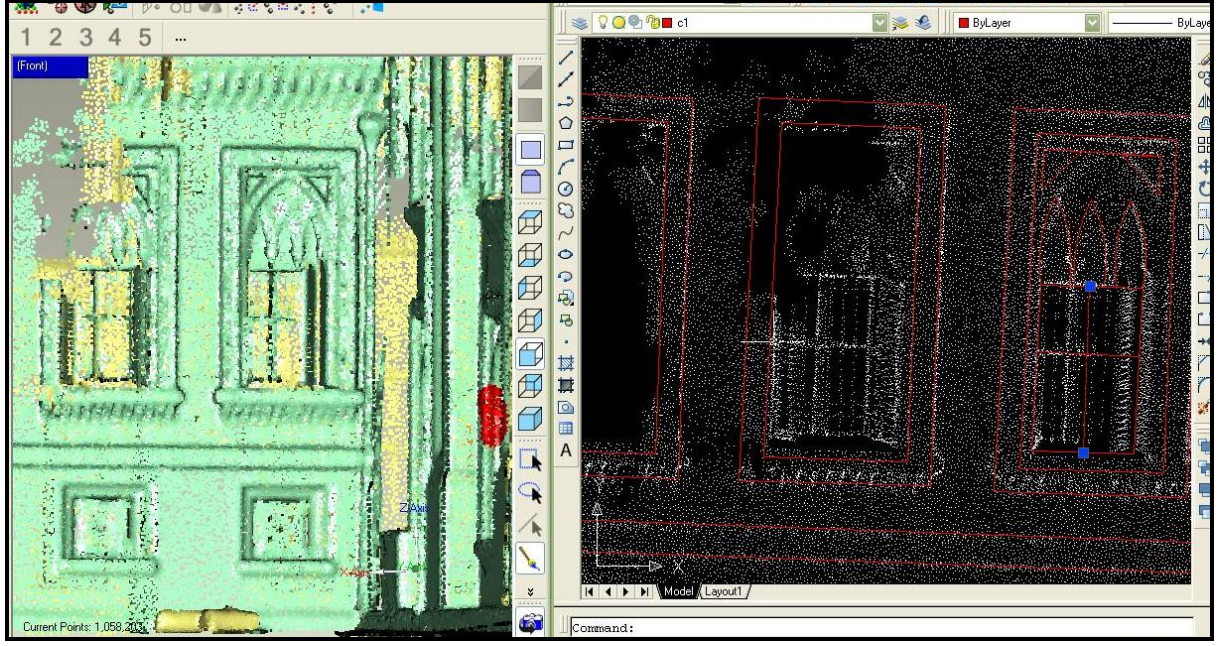
Şekil 4.40 : Modelin farklı açılardan görüşleri

5. NOKTA BULUTU HALİNDEKİ VERİLERİN CAD ORTAMINDA ÇİZGİSEL HALE GETİRİLMESİ

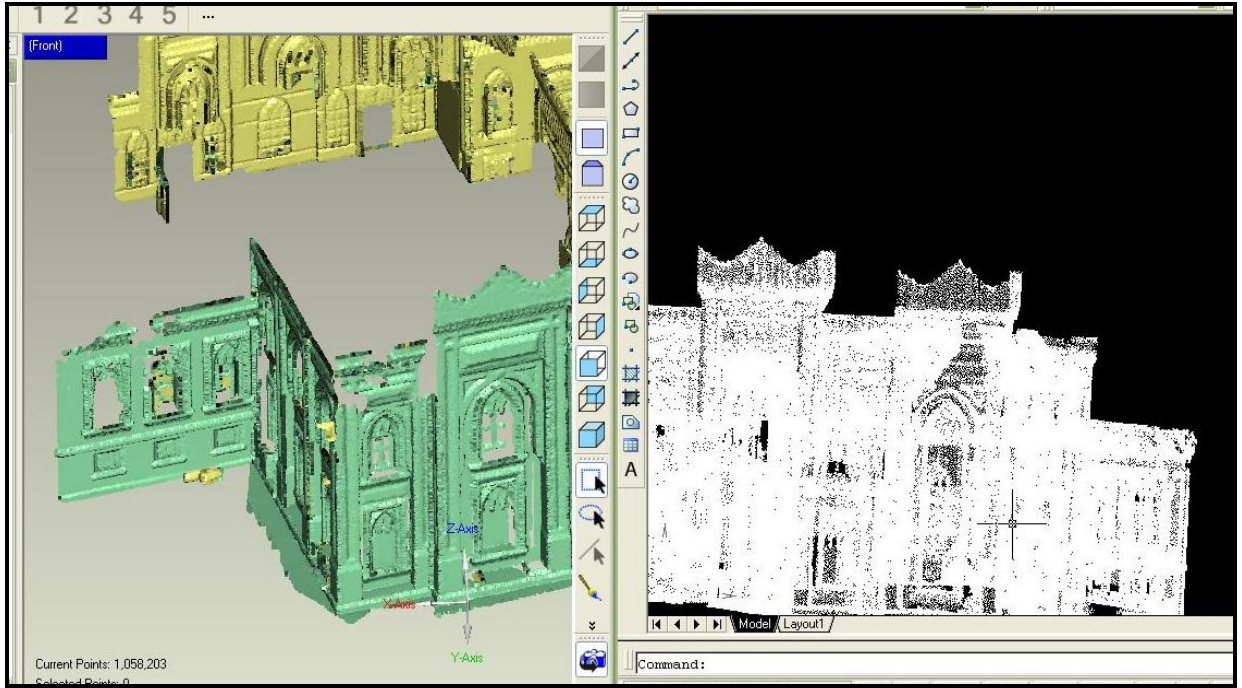
Camiye ait lazer nokta bulutu kümeleri export edilerek CAD sistemine aktarılmıştır. Nokta bulutları cephelerdeki belirgin kenarların ve pencere konturlerinin sayısallaştırılması ile birlikte wireframe modele dönüştürülmüştür.



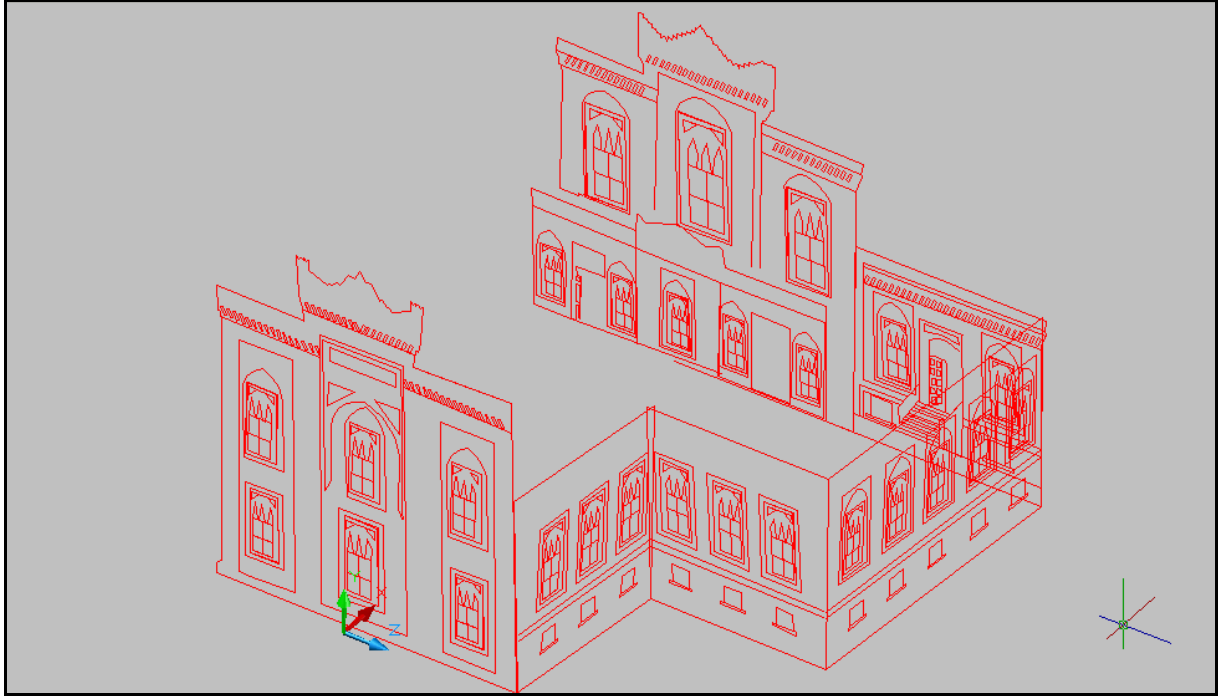
Şekil 5.1 CAD sistemine aktarılan lazer verisi



Şekil 5.2 CAD ortamında belirginleştirilen kenarlar

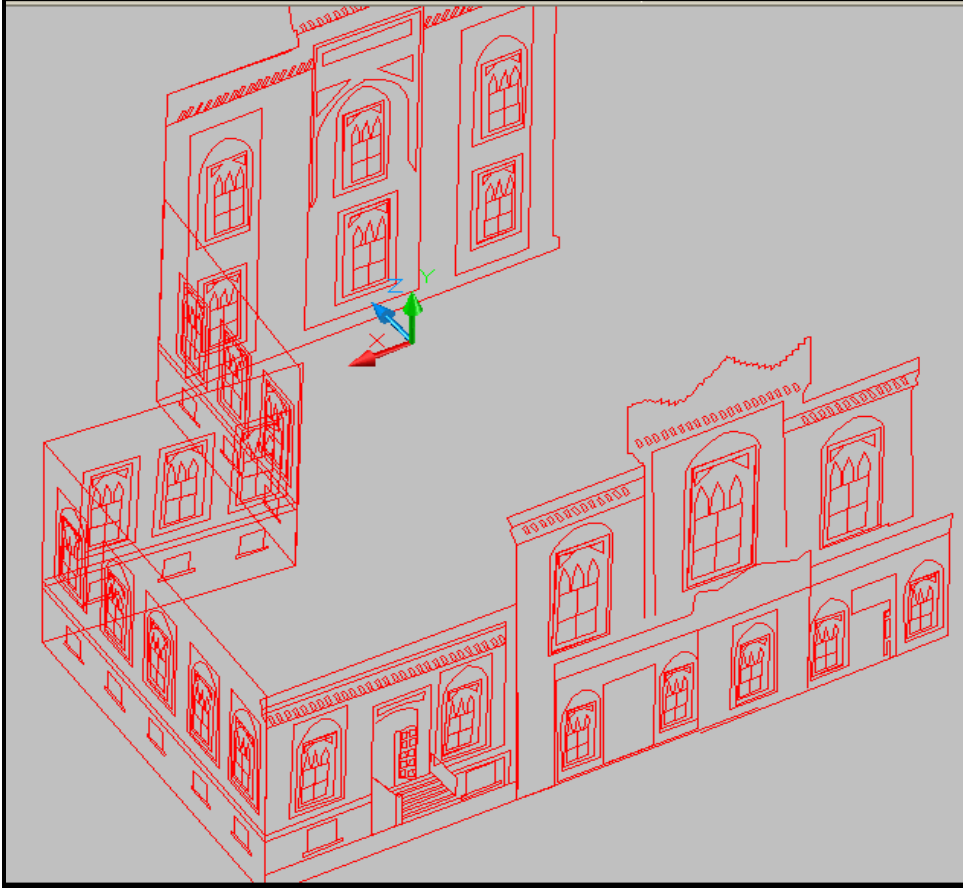


Şekil 5.3 Nokta bulutlarının .wrp ve .dxf formatları ile kıyas görüntüsü



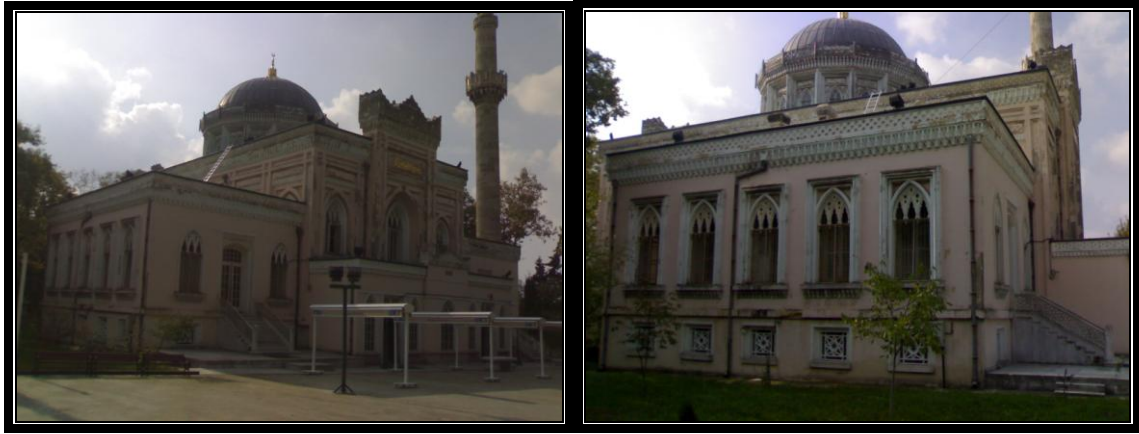
Şekil 5.4 Yıldız Camii'nin alımı yapılan cephelerinin .dxf ortamında görünümü

Sayısallaştırılan cepheler birleştirilip tek bir düzleme indirildiği zaman Şekil 5.4 deki model elde edilir.



Şekil 5.5 Yıldız Camii Ön görünümü

Geniş yüzeyli nesnelerin alımı uygulamalarında genellikle fotogrametrik yöntemlerle lazer tarayıcı sistemlerinin bir arada kullanıldığı uygulamalar her bir tekniğin tek başına uygulanmasından daha iyi sonuçlar verebilir. Bu çalışma ile Hamidiye Camii cephelerinin yersel lazer tarayıcı ile toplanmış olan nokta bulutu verilerinin işlenmesi ve modelinin çıkarılması gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuç ürün CAD ortamında sunulmuştur. Buna ek olarak lazer tarayıcı ile alımı yapılamamış olan kubbe kısmı jeodezik yöntemle tamamlanmış ve katı modeli gerçekleştirilmiştir.



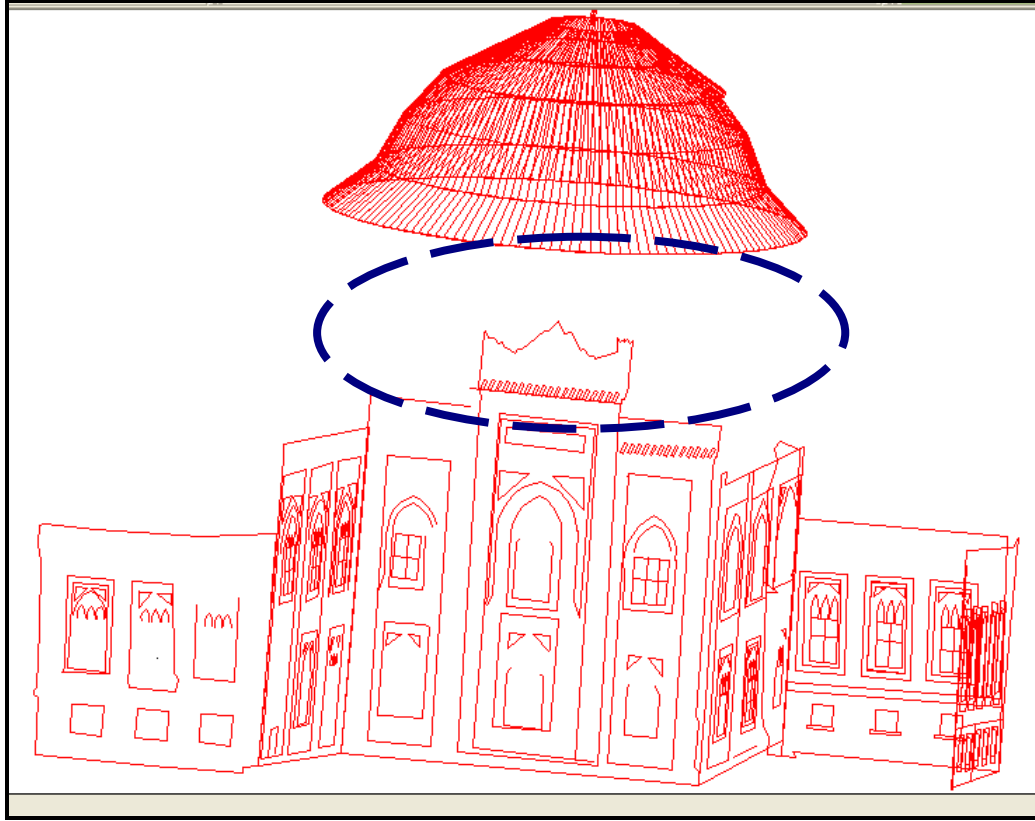
Şekil 5.6 : Yıldız Hamidiye Camii / Beşiktaş İSTANBUL

Lazer tarayıcıların fotogrametriyle karşılaştırıldıkları zaman bazı avantajlarından söz edilebilir.

- ☞ Üç boyutlu noktaların doğrudan elde edilebilmesi
- ☞ Bu sistemlerin bir yüzeyi çok fazla sayıda üç boyutlu nokta olarak gösterebilmesi
- ☞ Düzensiz yüzeyler için mükemmel bir teknik özelliği teşkil etmesi
- ☞ Çok kısa zamanda sonuçların elde edilebilmesi

Diğer yandan fotogrametrinin lazer tarayıcı tekniğine göre avantajlarını sayarsak :

- ☞ Nesnenin verisini elde etme zamanı sadece görüntü elde etmekle sınırlı olduğundan çok kısa
- ☞ Yüksek çözünürlük
- ☞ Maliyet az
- ☞ Eski görüntülerin kullanılarak model elde etme özelliği (Wehr, 1999)



Şekil 5.7 Alımı yapılamayan kısımların modelde oluşturduğu boşluk

Yersel lazer tarayıcı kullanılarak taranan yapının toplanabilen verileri sadece saçınımına uğramamış atımlardan alınmış cephelerdir. Cephelerden elde edilen nokta bulutları modellenerek CAD ortamına atılmış ve wire frame yapı oluşturulmuştur.

Çalışmanın ortaya çıkarılması boyunca geçirilen süreç değerlendirmesi şu şekilde olmuştur:

- Lazer verilerinin toplanması için yapılan saha çalışması iki gün içinde tamamlanmıştır.
- Veri toplamayı takiben elde edilen ham verinin işlenmesi ve modellenmesi yaklaşık bir aylık bir çalışma gerektirmiştir.
- Yansıtıcı yüzeye sahip camii kubbesinin lazer tarayıcı ile alımı gerçekleştirilememiş ve jeodezik yöntem kullanılmıştır. Total station ile kubbenin görünen yüzeylerinden okumalar yapılmış ve ülke koordinat sistemine bağlanmıştır. Alan çalışması bir gün içinde gerçekleştirilmiş olup kubbe modelinin ortaya çıkarılması iki gün içinde tamamlanmıştır.

Modelin alımı yapılamayan kısımları için fotogrametrik yöntem tamamlayıcı bir unsurdur. Yersel Fotogrametrik Yöntem ile tamamlamak için veri toplama ve toplanan verinin değerlendirilmesi üzerine öngörülen süre yaklaşık dört aydır.

Süreç açısından lazer tarama teknolojisine kıyasla dezavantajlı olmasına rağmen fotogrametri bu durumdaki çalışmalar için lazer teknolojisini tamamlayıcı rol üstlenir.

Söz konusu yöntemle çalışabilmek için gereken süre ve donanım yetersizliğinden dolayı alımı yapılamamış olan kubbenin jeodezik yöntemle modeli çıkartılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Üç boyutlu tarama teknolojileri kültürel mirası belgelemek için önemli bir araçtır. Şüphesiz üç boyutlu tarayıcılar düzensiz ve karmaşık yüzeylere sahip nesnelerin ölçümü için çok uygundur ve büyük bir olasılıkla buna benzer yapılardaki uygulamalar için en iyi yöntemdir.

Hamidiye Camii'nin yersel lazer ile ölçümü lazer taramanın zaman kazanımı ve yüksek tarama çözünürlüğü açısından çok güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Halen büyük nokta bulutu dosyalarının bilgi yönetimine gelindiğinde bazı zorlukları bulunmaktadır. Hacimsel olarak geniş dosyalardır ve her bir işlem adımı uzun sürmektedir, en yüksek düzeyde bilgisayar kapasitesi gereksinimi vardır. Özetle lazer tarama arkeolojik dökümantasyon alanında büyük bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışma ile Hamidiye Camii cephelerinin yersel lazer tarayıcı ile toplanmış olan nokta bulutu verilerinin işlenmesi ve modelinin çıkarılması gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuç ürün CAD ortamında sunulmuştur. Buna ek olarak alımı yapılamamış olan kubbe kısmı jeodezik yöntemle tamamlanmış ve katı modeli gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.1 Yıldız Camii nin boşluklu kısımları

Sonuç olarak; iyi ve tam yapılmış bir model elde edebilmek sadece lazer tarama teknolojisiyle mümkün olmamaktadır. Alım yapılamaması durumunda modelde kalan boşluklar her zaman daha yüksek duyarlılıkta modelleme imkanı sunan yersel fotogrametri yöntemiyle tamamlanmalı ve tam bir modele ulaşılmalıdır. (şekil 6.1). Ancak söz konusu yöntemle çalışabilmek için gereken süre ve donanım yetersizliğinden dolayı alımı yapılamamış olan kubbenin jeodezik yöntemle modeli çıkartılmıştır.

Tam bir modele ulaşabilmek için birbirlerini çok iyi bir şekilde tamamlayacak olan yöntemlerin seçilmesi, birbirleri ile entegre oldukları zaman çok etkili ve çok yönlü bir veri elde etme yöntemi oluşturacakları görülebilir.

Bu çalışmada, yersel lazer tarama teknolojisinin tek başına yeterli bir yöntem olmadığı, tam bir modele ulaşabilmek için kolay integrasyon sağlayabileceği farklı yöntemlerle birlikte kullanıldığında tam bir modele sahip olunabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Kraus, K., Fotoğraflardan ve Lazer Tarama Verilerinden Geometrik Bilgiler, Çev. O.ALTAN, S.KÜLÜR, H.DEMİREL, Z.DURAN, M.ÇELİKOYAN s. 410
- Demir, N. ‘Yersel Lazer Tarama ve Fotogrametrinin Birlikte Kullanılması’, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Yastıklı, N. ‘Sayısal Fotogrametri Ve Yersel Lazer Tarayıcılar İle Belgeleme Ve Üç Boyutlu Modelleme’, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Ionnidis , Ch., 2003, Laser Scanning and Photogrammetry for the Documentation of Large Statue – Experiences in the Combined Use, Athens, Greece
- Schulz, T., 2004. Terrestrial Laser Scanning – Investigations and Applications for High Precision Scanning, Fig Working Week, May, Athens, Greece.
- Wehr, A., 1999. Fusion of Photogrammetric and Laser Scanner Data. CIPA Int. Symposium '99, Brazil.
- Tsakiri, M., Ioannidis, C., Carty, A., 2003. Laser scanning issues for the geometrical recording of a complex statue. In: *6 Conference ‘Optical 3-D Measurement Techniques’*, 22- 25 September, Zurich, Switzerland
- Demir, N., Bayram, B., Alkış, Z., Helvacı, C., Vögtle, T., Ringle, K., Steinle, E., (2004) ‘Laser Scanning for Terrestrial Photogrammetry, Alternative System or Combined with Traditional System’, XX. ISPRS Congress. Istanbul, Turkey
- Furkuo, B. King, (2004) ‘ Automatic Fusion of Photogrammetric Imagery and Laser Scanner Point Clouds’, XX. ISPRS Congress. Istanbul, Turkey
- Guarnieri, A., Vettore, F., Remondino, (2004), ‘Photogrammetry and Ground-Based Laser Scanning: Assesment of Metric Accuracy of the 3D Model of Pozzoveggiani Church’, FIG Working Week, Athens, Greece
- Furkuo, E., King, King B., 2004, ‘ Registration of Photogrammetric Imagery and Laser Scanning Point Clouds’, Annual Conference Proceedings, Denver, Colorado, USA
- Habib, M. S., Ghanma, M.F. Morgan, E. Mitisita, (2004), ‘Integration of Laser and Photogrammetric Data For Calibration purposes’, XX. ISPRS Congress. Istanbul, Turkey
- Ionnidis , Ch., Demir, N., Soile, S., Tsakiri, M., ‘Combination of Laser Scanner Data and Simple Photogrammetric Procedures for Surface Reconstruction of Monuments’ CIPA Congress, Torino, Italy, 2005
- Vozikis, A. Haring, E. Vozikis, K.Kraus, (2004), ‘Laser Scanning: A new method for Recording and Documentation in Archaeology’ FIG Working Week, Athens, Greece,
- Ionnidis , Ch., Demir, N., Soile, S., Tsakiri, M.,Athens, Greece
- Barber D., Millis J., (2001) ‘Laser Scanning and Photogrammetry: 21.st Century Metrology’ Department of Geomatics University Of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, UK
- Boehler, W., Heinz, G., Marbs, A., Siebold, M. (2002), “3D Scanning Software : An Introduction”, University of Applied Sciences, Mainz, Germany

İNTERNET KAYNAKLARI

I-SiTE 3D Laser Scanning (2004) *I-SiTE 4400*, <http://www.isite3d.com>

Leica Geosystems HDS (2004) *Products*, <http://hds.leica-geosystems.com>

Mensi 3D Laser Scanner / 3D scanners for surveying applications (2004) *GS200 3D Laser Scanner*, <http://www.mensi.com>

Riegl Laser Measurement Systems (2004) *3D Scanner Selection Guide* and *3D Software Selection Guide*, <http://www.riegl.com>

Spar Point Research LLC, online journal related to Terrestrial Laser Scanning <http://www.sparllc.com>

http://www.ipf.tuwien.ac.at/products/produktinfo/orient/html_hjk/orient.html, accessed August 2003.

Raindrop Geomagic. <http://www.geomagic.com> accessed August 2003.

Riegl, <http://www.riegl.com> accessed August 2003.

Rottensteiner, F., 2001. Semi-automatic extraction of buildings based on hybrid adjustment using 3D surface models and management of building data in a TIS.

Geowissenschaftliche Mitteilungen, Heft 56, Vienna.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	06.04.1983	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1997-2001	Bahçelievler Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı)
Lisans	2001-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2005-2006	Beyoğlu Belediyesi Harita Müdürlüğü
2006-Devam ediyor	Fatih Belediyesi Etüd Proje Müdürlüğü