

Tersine Mühendislik Temelli Araç Üstyapı Tasarım, Analiz Ve Üretimini İncelenmesi

Reverse Engineering Based Vehicle Bodybuilder Design, Analysis And Production

¹Ferit İŞBİLİR, ²Beytullah ÇELİK, ³Abdullah ÖZSAN, ⁴M.Fahri KAYNAK

^{1,2,4}EMS Mobil Sistemler A.Ş., Ankara

³Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Ankara

Geliş Tarihi : 09.11.2018

Kabul Tarihi : 23.11.2018

ÖZET

Araç üstyapı dönüşümü farklı disiplinleri kapsayan bir süreçtir. Tasarımın her bir unsurunun araçla uyumu ve güvenlik en önemli kriterdir. Bu çalışmanın amacı, tersine mühendislik çalışmaları ile Birleşik Arap Emirlikleri'nde bulunan özel bir aracın ülkemize gelmeden tasarlanması, güvenliğinin analiz edilmesi, kalıplarının çıkartılması ve nihayetinde kit şeklinde hazırlanan üstyapı ürünlerinin, başka bir körfez ülkesi olan Ürdün'de araç üzerine uygulamasının sistematik olarak anlatılmasıdır. Ayrıca tersine mühendislik çalışması ve tersine mühendislik çalışması olmadan gerçekleştirilen üst yapı çalışmasının maliyet farkları da çalışma içerisinde sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dönüşüm, araç üst yapı, tersine mühendislik

ABSTRACT

Vehicle conversion design is a process that covers different disciplines. The most important criteria is the harmony and safety of each element of design with the vehicle. The purpose of this study is to design a special vehicle in the United Arab Emirates by using the reverse engineering before it arrives to our country, to analyze its safety, to remove its molds and finally to explain the systematic application of the superstructure products prepared as kit. In addition, the cost differences of the vehicle bodywork carried out without reverse engineering and reverse engineering are also presented in the study.

Keywords: Conversion, Vehicle bodywork, Reverse engineering

1. GİRİŞ

Özel amaçlar için kullanılacak araçlar, kullanım hedeflerine uygun değişikliğe uğramaktadır. Araç üzerinde yapılacak değişiklikler, her ülkenin kendi mevzuatına uygun şartları sağladığı takdirde tescil edilip karayollarına çıkmaktadır.

Temel araç üreticileri, farklı ülkelere pazarladığı araçlarda değişiklik yapabilmektedir. Bu gibi farklı araçlar üzerinde çalışmak gerektiğinde araçlar dönüşüm firmaları tarafından fabrikaya getirilmekte, tasarım ve üretim çalışmaları yapıp üretim gerçekleştirilmekte; nihayetinde ise son ürün tekrar kullanılacağı ülkeye gönderilmektedir.

Çalışmamıza konu olan durumda müşteri Ürdün'de bulunmaktadır. 27 adet GMC Savana model panelvan araç ambulansa dönüştürülmüştür. Bahse konu olan aracın Türkiye'ye satışı bulunmamaktadır. Müşteri, temel aracı kendisi almak istemekte, EMS Mobil Sistemler A.Ş'den ambulans dönüşümü talep etmektedir.

Ambulans dönüşümleri içerisinde birçok farklı disiplini barındırmaktadır. Duvar döşemeleri, tabanlar her modelde değişmektedir. Araca uygun dolaplar tasarlanıp monte edilmektedir. Ancak, bahse konu olan aracı özel kılan başka bir sebep ise temel aracın tavan yüksekliğinin ambulans dönüşümü için uygun olmamasıdır. Bu sebeple aracın tavanı kesilerek yerine daha yüksek bir tavan ilavesi yapılacaktır.

Bu çalışmamızda; araç verilerinin alınması, işlenmesi, tasarım, analiz, prototip üretimi, nakliye ve araç dönüşüm işlemleri açıklanacaktır. Ardından ilk defa tecrübe edilen tersine mühendislikle yapılan çalışmalar ile tersine mühendislik çalışması olmadan yapılan çalışmalar arasında maliyet karşılaştırması yapılacaktır.

1.1. TERSİNE MÜHENDİSLİK

Tersine mühendislik, ürünün üretim süreçleri de dahil olmak üzere özelliklerinin ve ürünü oluşturan bileşenlerin birbirleri ile olan ilişkisinin analiz edilmesi olarak tanımlanmaktadır [1].

Tersine mühendislik yazılım üzerine uygulanabileceği gibi bir asenkron motor üzerine de uygulanabilmektedir. Hatta bir denizaltı veya helikopter gibi daha kapsamlı ürünler üzerine de uygulanabilmektedir.

Tersine mühendislik otomotiv, elektronik ve mekanik tasarım, yazılım gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bir firma yeni bir ürün geliştirdiğinde, rakip firmalar bu ürünü satın alıp çalışma mekanizmasını incelemek için ürünü parçalara ayırabilir ve tersine mühendislik kullanarak üründen kendilerine bir patent çıkarabilirler [2].

1.1.1. TERSİNE MÜHENDİSLİK SİSTEMATİĞİ

Tersine mühendislik süreci uygulanırken bazı sistematik adımlarla takip edilmelidir.

İlk adım, 3D tarama cihazları kullanılarak ürünün fiziksel tasarımının dijital ortama aktarılmasıdır.

İkinci adım, üç boyutlu tarama cihazı vasıtası ile üründen elde edilen modelin uygulandığı, orijinal ürüne benzerliğini arttırmak için düzenlemeler, ilaveler ve çıkarmalar yapılmasıdır.

Üçüncü adım, ikinci adım sonunda elde edilen nokta bulutu ve verilerin, CAD programlarındaki tersine mühendislik modülleri yardımıyla, hedeflenen yüzeylere dönüştürülmesidir. Elde edilen CAD modeli referans alınarak, ürünün üretilmesi sürecinde CNC programlama gibi üretim teknikleri kullanılarak, somut modeller oluşturulur. [2]

2. VERİ TOPLAMA, TASARIM, ANALİZ VE ÜRETİM

2.1. VERİ TOPLAMA

GMC Savana model araçların ambulans dönüşümünü gerçekleştirmek için, öncelikle araçla ilgili verilerin toplanması gerekmektedir. Burada gerçekleştirilecek olan tersine mühendislik uygulamasında araç verilerini

elde etmek için Faro markasına ait Fusion model üç boyutlu tarama cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz, başlığında bulunan lazer yardımı ile üzerinde gezdirildiği alanı nokta bulutu şeklinde kayıt yapmakta ve veriler elde edilmektedir.

Ambulans iç ekipmanlarının tasarımı için aracın iç mekânı, tavan yükseltilmesi ve LED aydınlatmalar için ise aracın dış yüzeyleri taranmıştır. Aracın tersine mühendislik işleminin uygulandığı cihaz şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1-Üç Boyutlu Taramada Kullanılan Faro Fusion Cihazı [3]

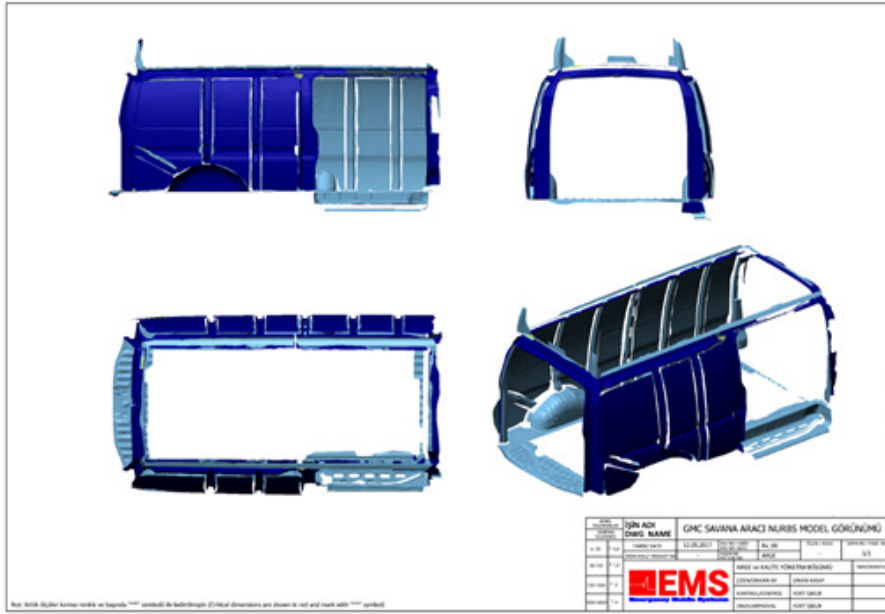
2.2. NOKTA BULUTU VERİSİNİN YÜZEYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

GMC Savana model aracın ambulans dönüşümü için taranmasından sonra, Faro cihazının kayıt ettiği veriler, nokta bulutu şeklindedir. Nokta bulutu verileri üretim ve tasarım programlarında kullanışlı değildir.

Elde edilen verilerin işlenmesi sürecinde tarayıcılardan kaynaklı hatalardan dolayı nokta bulutu filtrelenerek, doğruluk payı fazla olan nokta bulutunun elde edilmesi gerekir. Nokta bulutu topoloji (noktalar arası komşuluk ilişkisi) bilgisine sahip değildir. Delaunay üçgen ağlama metotları kullanılarak ağ modeli oluşturulur. Sonrasında ağ modeli değişik küçük ağlara ayrıştırılarak, her bir küçük ağ küre, silindir, B-spline gibi ileri seviye geometrik yüzeyler ile ifade edilir. Sonrasında yüzey sınırlarını belirlemek için sınırları belirleme işlemi yapılır ve geometrik model elde edilir. [4-6]

Nokta bulutundan üç boyutlu geometrik modelin oluşturulması işlemi manuel olarak tasarımcılar tarafından yapılabilir. Fakat bu işlem günlerce sürebilmekte ve üretilen model düşük kalitede olabilmektedir. Bunun için bilgisayarın çok değişik model varyasyonlarını deneyerek kısa zamanda kalitesi yüksek modellerin üretilmesi gerekmektedir. Manuel işlem elimine edilerek otomatik olarak modeli üreten algoritmalar literatürde mevcuttur. Bunun için nokta bulutundan sonra elde edilen ağ modelleri kullanılmakta ve bu modeller küçük ağlara ayrıştırılarak her bir ağ geometrik yüzeyler ile ifade edilmektedir. Ayrıştırma işlemi ne kadar iyi yapılmışsa, sonraki aşamada giydirilen yüzeyler o kadar kaliteli olacaktır. [7-8]

Bu çalışmada elde edilen nokta bulutlarından manuel olarak geometrik tasarım elde edilmemiştir. Polyworks programı vasıtasıyla nokta bulutu verileri yüzeye dönüştürülmüştür. Yeni datalar, EMS Mobil Sistemlerin tasarım faaliyetlerinde kullandığı SolidWorks programında kullanılarak şekil 2’de görüldüğü gibi GMC Savana ambulans dönüşümü için tasarım oluşturulmuştur.

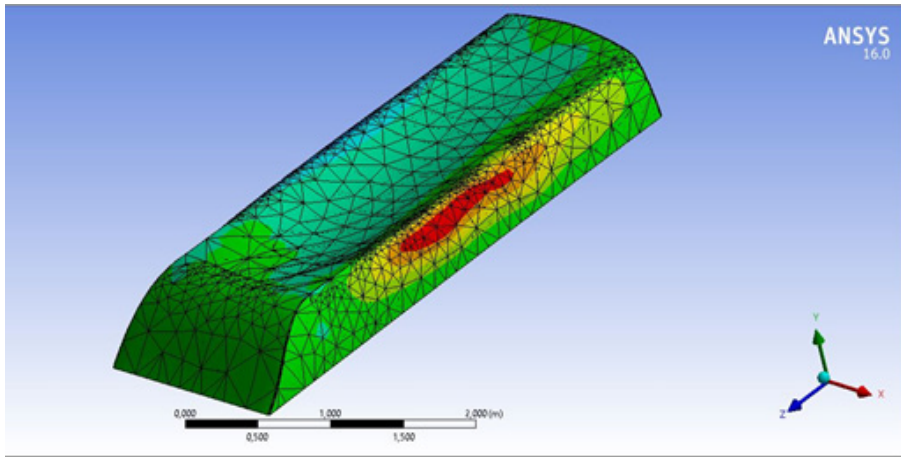


Şekil 2-Üç Boyutlu Tarama ile Elde Edilen Nokta Bulutlarının Yüzeğe Dönüştürülmesi

3. ANALİZ VE TESTLER

Üç boyutlu tasarımlar bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Ambulans dönüşümü için gerekli olan GMC Savana model aracın orijinal tavanı kesilerek, tavanı yükseltilmiştir. Aracın orijinal tavanı 1,5 m iken, 30 cm tavan yükseltme işlemi, 1,8 m'ye yükseltilmiştir.

Tavan yükseltme işleminin güvenilirliğini doğrulamak için ise Ansys Mechanical programı kullanılmıştır. Çünkü, ANSYS programı sonlu elemanlar yöntemini kullanmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile tek parça halinde analizi çok zor olan karmaşık geometrideki cisimlerin küçük ve çok sayıda parçalara bölünerek ayrı ayrı analiz eder. Sonlu sayıdaki elemanın analizi sonucu elde edilen sonuçlar birleştirilerek tek ve tutarlı bir analiz sonucu şekil-3'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 3-Tavan Yükseltmesinin EN 1789'a göre 10G Çarpma Simülasyonu

Şekil 3'te de görüleceği üzere aracın tavan yükseltmesi, EN 1789 Karayolları Ambulansları standardında geçen 5 eksende 10G çarpma testine uygun olarak ANSYS Mechanical programı ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda tavan yükseltmede belirlenen güvenlik kat sayısı sağlanmış ve tasarım doğrulanmıştır. Tavan ile ilgili yapılan tasarımın da doğrulanmasının ardından, aracın iç duvar ve tavan kalıpları oluşturulmuş ve kalıp tekniği ile üretilmiştir.

4. ÜRETİM VE NAKLİYE

Tersine mühendislik çalışması ile, Birleşik Arap Emirlik'lerinde yer alan GMC Savana model Faro Fusion cihazı ile taranmış, bu verilerin işlenmesinin ardından, tasarım oluşturulmuş, analizler yapılmış ve bunlara göre kalıplar oluşturulmuştur. Müşterinin Ürdün'de dönüşümünü istediği 27 adet GMC Savana ambulans için araçlara ait dönüşüm ekipmanları araç kiti olacak şekilde paketlenip, Ürdün'deki üretim alanına nakliye edilmiştir. Araç üzerine montajı gerçekleştirecek ekip, ürünlerin teslimat tarihinde Ürdün'e gitmiştir. Üretim ekibi 8 kişiden oluşmuş ve Ürdün'de 27 adet aracın üretimi toplam 8 haftada tamamlanmıştır. Ürünün dıştan görünüşü şekil 4'de ve içten görünüşü ise şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 4-Üretimi gerçekleştirilen GMC Savana Ambulansın Dıştan Görünüşü



Şekil 5- Üretimi gerçekleştirilen GMC Savana Ambulansın İç Görünüşü

5. MALİYET ANALİZİ

5.1. ÜRETİM METOTLARI

GMC Savana model aracın ambulans dönüşümünde uygulanabilecek farklı üretim metotları aşağıda listelenmiştir. Bu farklı metotlar arasında maliyet kıyaslaması yapılmıştır.

Metot 1: Bir tane örnek araç müşteriden istenir ve ülkemize getirtilir. Aracın üzerinde çalışmalar gerçekleştirilir. Örnek araç üretilip Ürdün'deki müşteriye teslim edilir. Kalan 26 araç Ürdün'e gidecek ekip ile üretilir. Metot 2: Kalıp çıkartmak için gerekli olan ekip Dubai'ye gider. Örnek araç üzerinden klasik metotlar kullanılarak kalıp çıkartılır. 27 adet araç için üretimler gerçekleştirilir. Üretim ekibi Ürdün'e gider ve montajı gerçekleştirir. Klasik metotlar kullanıldığı için, kalıbın araca uyup uymadığını tespit etmek için ayrıca kontrollerin yapılması ve tekrar gidiş gelişlerin yapılması gerekmektedir.

Metot 3: Müşteriye ait 27 adet araç Türkiye'de bulunan fabrikaya gelir. Araçlar üzerinde kalıp işlemleri tamamlandıktan sonra üretim ve montajlar gerçekleştirilir. Araçlar Ürdün'e geri gönderilir.

Metot 4: Çalışmamıza konu olan yöntemdir. Bir uzman Dubai'ye gider ve tersine mühendislik çalışması ile örnek aracın verilerini alır. Gerekli parçaların üretiminden sonra oluşturulan kitler Ürdün'e gönderilir. Montaj ekibi araçları ambulansa dönüştürür.

5.2. MALİYET KALEMLERİ

Yukarıda tanımlanan üretim metotlarında seyahat, konaklama, araç nakli, ürün nakli, teslim süresinden kaynaklı finansman giderleri maliyet kalemleri olarak belirlenmiştir.

Kullanılan mamul, yarı mamul ve teknik ekipmanlar bütün metotlarda aynı maliyete sahip olduğu için maliyet hesabında kapsam dışı tutulmuştur. Belirlenen maliyet kalemleri Tablo 1'de listelenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Analizlerde kullanılan maliyet kalemlerinin bedelleri, EMS Mobil Sistemler A. Ş.'de son 2018 yılının ilk 6 ayı içerisinde yurt dışına yapılan ihracat, nakil, konaklama ve seyahat değerlerinden asgari olan bedeller alınarak belirlenmiş, böylece tersine mühendislik çalışmasının önemini daha iyi anlaşılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda, Maliyet analizlerinde aşağıdaki veriler kullanılmıştır.

- Bir aracın Türkiye- Ürdün iki yönlü transferi 9000 Euro'dur.
- Kalıp ve ölçü alma işlemlerinde 5 kişi çalışmaktadır. 1 hafta sürmektedir.
- Konaklama 1 kişi için günlük 80 Euro'dur.
- Ürün nakli 6000 Euro'dur.

Tablo 1- Üretim metotlarına göre maliyet analizi

	1. Yöntem	2. Yöntem	3. Yöntem	4. Yöntem
Ölçü Seyahati	EUR 0,00	EUR 2.650,00	EUR 0,00	EUR 530,00
Montaj Seyahati	EUR 4.240,00	EUR 4.240,00	EUR 0,00	EUR 4.240,00
Ölçü Konaklama	EUR 0,00	EUR 2.800,00	EUR 0,00	EUR 240,00
Montaj Konaklama	EUR 35.840,00	EUR 35.840,00	EUR 0,00	EUR 35.840,00
Araç Nakli	EUR 9.000,00	EUR 0,00	EUR 243.000,00	EUR 0,00
Ürün Nakli	EUR 6.000,00	EUR 6.000,00	EUR 0,00	EUR 6.000,00
TOPLAM	EUR 55.080	EUR 51.530	EUR 243.000	EUR 46.850

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tersine mühendislik problemlerinin her birinin özellikleri ayrı ayrıdır. Problem özelliklerini dikkate alacak şekilde bir metodun önerilmesi kolay değildir. Mesela otomotiv endüstrisinde G2 devamlılığına sahip yüzeylerin kullanılması gerekirken, gemi yapım endüstrisinde G1 devamlılığına sahip yüzeylerin kullanılması yeterlidir. Tekniğin kullanılacağı alan iyi bir şekilde seçilmeli ve bu kapsamda yeni metotlar önerilmelidir [8].

Bu çalışmada, araç üst yapı çalışmasına örnek olan, GMC Savana model aracın ambulans dönüşümünde, tersine mühendislik çalışmasının uygulanması konu edilmiştir. Faro Fusion cihazı ile GMC Savana model aracın üç boyutlu taraması gerçekleştirilmiş, elde edilen nokta bulutlarının yüzeye dönüştürülmesi hususunda metot olarak Polyworks yazılımının kullanılması tercih edilmiştir. Buna göre oluşturulan tasarım ve kalıplarda, aracın üretimi esnasında bir sıkıntı ile karşılaşılmamış, böylece yukarıda da belirtildiği üzere mühendislik probleminin özelliklerinin iyi belirlendiği, tersine mühendislik çalışmalarında nokta bulutlarından yüzey oluşturmadaki program tercihinin de isabetli yapıldığı doğrulanmıştır.

Ayrıca, tersine mühendislik çalışmalarının, araç üst yapı çalışmalarındaki analizlere ve problemlerin sistematik çözümüne sağladığı etkilere, ilave olarak maliyet olarak da fayda sağladığı belirlenmiştir. Yapılan maliyet analizinde, GMC Savana model aracın ambulans dönüşümünde farklı üretim metotlarının değerlendirilmesi ile, tersine mühendislik çalışmalarının uygulanması asgari 4680 Euro'luk fayda sağlamaktadır. Metot 2 olarak belirtilen üretim metodunda, her şeyin planlandığı gibi gitmesi durumu için bir maliyet çıkarılmıştır.

Bu üretim metodundaki hata oranının da yüksekliği düşünüldüğünde, tersine mühendislik çalışmaları ile araç üst yapı tasarımının gerçekleştirilmesi maliyet azaltma noktasında da ciddi faydalar sağlamaktadır.

Tersine mühendislik çalışmalarının, özel üretimi gerçekleştirilecek projeler haricinde, seri üretim durumlarında, aracın tasarımına bağlı ortaya çıkabilecek hataların azalmasına etkisi de incelenebilir. Seri üretim için ilk etapta, maliyetli gözükken tersine mühendislik çalışmaları, satış sonrası ortaya çıkan hataların seviyesindeki azalma durumu ve azalma oranı üzerine yapılacak çalışmalar sonucunda mühendislik olarak ve maliyet olarak avantajlı duruma gelebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Chikofsky, E. J., Cross, J. H., II 1990: Reverse Engineering and Design Recovery: A Taxonomy.
- [2] Akyol, Onur. "Düşük Maliyetli Lazer Tarayıcı Sistemi Tasarımı" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2011
- [3] <http://store.lasersurveyingequipment.com.au/metrology/faroarm-fusion> adresinden alındığı tarih 21.11.2018.
- [4] Delaunay, B. 1934. "Sur la sphere vide", Izvestia Akademii Nauk SSSR, Otdelenie Matematicheskikh i Estestvennykh Nauk, p. 793–800.
- [5] Amenta, N., Choi, S., Kolluri, R. K. 2001. "The power crust", Proceedings of the sixth ACM symposium on Solid modeling and applications, p. 249–266.
- [6] Bernardini, F., Mittleman, J., Rushmeier, H., Silva, C., Taubin, G. 1999. "The ballpivoting algorithm for surface reconstruction", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 5 (4), p. 349–359.
- [7] Shamir, A. 2008. "A survey on mesh segmentation techniques", Computer Graphics Forum, vol. 27 (6), p.1539–1556.
- [8] Agathos, A., Pratikakis, I., Perantonis, S., Sapidis, N., Azariadis, P. 2007. "3d mesh segmentation methodologies for CAD applications", Computer Aided Design And Applications, vol. 4 (6), p. 827–841.
- [9] Gunpınar E. 2016, tersine mühendislik yoluyla üç boyutlu geometrik modelin oluşturulması ve gemi yapım endüstrisindeki bazı uygulamaları, okuz eylül üniversitesi mühendislik fakültesi fen ve mühendislik dergisi, 18(3).