

Otomotiv Tasarımında Modülerlik Kavramı Üzerine Araştırma ¹

Esra AYIK*

¹Haliç Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı / Mimarlık Fakültesi, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi: 05.02.2019

***Sorumlu Yazar e mail:** esraayik93@gmail.com

Kabul Tarihi: 12.03.2019

Atf/Citation: Ayık, E. “Otomotiv Tasarımında Modülerlik Kavramı Üzerine Araştırma”, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2019, 2/1: 77-101

Özet

Günümüzdeki otomotiv tasarımında kullanılan ürünler incelendiğinde büyük bir bölümünün bileşenlerden oluştuğu görülür. Tamamı olmasa da çoğu modülerliği yansıtmaktadır. Modüler ürünleri tasarlamak birtakım avantajlar sağlar. Bu avantajlar otomotiv sektöründe de fark edildi. Modülerlik, yakın zamanda imalat firmalarında artan bir önem kazanmaktadır; özellikle otomobil endüstrisinde. Bu yazıda, modülerliğin genel bir incelemesi yapıp otomotiv sanayindeki uygulamalar tartışılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri Ürünleri Tasarımı, Modülerlik, Modüler Tasarım, Otomotiv Tasarımı, Ürün Tasarımı

Research on the Concept of Modularity in Automotive Design

Abstract

When we examine today's products, it is seen that a large part is composed of components. Modularity is found in most products. Designing modular products offer a number of advantages. These advantages have also been recognized in the automotive sector. Modularity is gaining increasing importance in manufacturing firms recently; especially in automotive industry. In this article, a general review of the modularity was be made and applications in the automotive industry will be discussed.

Keywords: Industrial Product Design, Modularity, Modular Design, Automotive Design, Product Design

¹ Makale, EÜT 519 Endüstri Tasarımında Modüler Tasarım İlke ve Uygulamaları dersinde yapılan çalışmadan geliştirilerek hazırlanmıştır.

1.Giriş

Çevremizde milyonlarca farklı ürün vardır. Bu ürünler gün geçtikçe gelişmekte ve tasarımlar giderek karmaşık bir hal almaktadır. Bu karmaşıklığa çözüm olarak modülerlik kavramı geliştirilmiştir. Bu yazıda ise bu karmaşıklığa çözüm olan ürün modüleritesi araştırıldı, türleri ve avantajları incelendi. Modülerite çalışması olarak da otomotiv sektörü incelendi. Otomotiv endüstrisindeki modülerlik ise gövde altı yapısıyla ön plana çıktığı için, bu alanda firmaların çalışmaları incelendi. Gövde altı yapısı, bir aracın en kritik bileşenlerinden biridir. Firmalar kendi araç modellerine uygun olarak tasarlanan, tüm araçlarında kullanabilecekleri modüler platformlar geliştirmektedir.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde modülerliğe kavramsal açıdan bakılmış ve incelenmiştir. Bu bölümde modülerlik ile ilgili kapsamlı bir literatür taraması yapılmış, modüleritenin ne anlama geldiği bulunmaya çalışılmıştır. Daha sonra modüleritenin türleri incelenmiş, avantajları ve dezavantajlarına değinilmiştir. Hem ürün hem de organizasyonlar ve sistemlerde kullanılabilen bir yöntem olan modülerite, bu yazının temel amacıdır.

İkinci ve üçüncü bölümlerde ise dünyada yeni yeni filizlenen otomotiv sektöründeki modülerite için bir literatür taraması yapılmıştır. İlk önce sektörde modüleritenin neler vaat ettiği avantajlarıyla incelenmiştir. Daha sonra ise modüleritenin oluşturduğu rekabet ortamında firmaların kendi çözümleri araştırılmıştır. Her firma kendi gövde altı platformunu tasarlamaya başlamıştır. Kimi çözümler hayata geçirilmiş, kimi ise hala gelişim aşamasındadır.

2. Modülerlik

Modülerlik son yıllarda hızla gelişen bir tasarım yöntemidir. Bu yöntem günümüzde hemen hemen her ürün sektöründe kullanılmaktadır. Bu bölümde ise modülerliğin tanımı, türleri, avantaj ve dezavantajlarından bahsedildi.

2.1 Modülerlik kavramı

Tesadüfi bir şekilde uygulanmaya başlanan modülerlik, 1960'lı yıllarda ortaya çıkmış 1980'li yıllarda yaygınlaşmış, bilimsel araştırmalar ve uygulamalar sayesinde 1990'lı yıllarda tamamen hayatımıza girmiştir. Kökleri daha eskilere dayansa da kapsam farklılığından ötürü başlangıcı 1960'lı yıllar olarak kabul edilir [1].

Literatürde bu konuda çok fazla tanım olmamasına rağmen, her araştırmacının farklı tespitleri vardır.

- Ulrich & Tung (1994): Modülerlik bileşenlerin bağımsızlığına, standardizasyona ve değişebilirliği izin veren bir tasarım özelliğidir. Modülerlik, bir ürünün fiziksel bileşenlere ayrılma şeklinden kaynaklanmaktadır. Modülerlik göreceli bir özelliktir; ürünler modüler olarak sınıflandırılabilir veya sınıflandırılmaz, fakat tasarımda modülerlik gösterirler [2].
- Gerhanson & Prasan & Zhang (2003): Modülerlik, bir ürünün alt montajlara ve bileşenlere ayrışmasından kaynaklanır [3].
- Chang & Ward (1995): Modülerlik, bir ürünü değişiklikler yapmadan aynı işlevsel amaç için farklı sistemlere entegre edilebilen fonksiyon odaklı tasarımıdır [4].
- Baldwin & Clark (1997): Modülerlik, karmaşık ürünlerin ve işlemlerin verimli bir şekilde organize edilmesi için bir stratejidir. Modüler bir sistem, bağımsız olarak tasarlanmış ancak entegre bir bütün olarak işlev gören ünitelerden (veya modüllerden) oluşur [5].
- O'Graddy (1999): Modülerlik, bir dizi modül ürünün montajını içerir. Modülerlik aynı zamanda tasarım görevlerinin bölümlere ayrılmasını sağlar [6].
- Schilling (2000): Modülerlik, genel bir sistem konseptidir: bir sistemin bileşenlerine ayrılması ve yeniden birleştirilmesi derecesini tanımlayan bir sürekliliktir ve hem bileşenler arasındaki birleşmenin sıklığını hem de sistem mimarisinin sağladığı kuralları ifade eder [7].

Yukarıdaki tanımlamalardan yola çıkarak; modülerliğin, bir sistemin bileşenlerine ayrılmasını ve yeniden birleşebilmesini sağlayan bir yöntem olduğunu görüyoruz. Modülerlik; birbirine bağlanabilir bileşenlerden oluşan hiyerarşik bir yapıdır. Yazarların hepsi farklı birer tanımlama yapsa da modülerliğin küçük modüllerin birleşerek ürün oluşturduğunu kabul eder niteliktedir [1].

Modüler nitelikte olan bileşenlere ise modül denir. Bir modülde, her bileşen aynı modülde bulunmayan diğer tüm bileşenlerden bağımsızdır. Düzen hiyerarşik olabilir; bir modül daha küçük modüllerden de oluşabilir. Bu derlemede bulunan tek tam fikir birliği, hepsinin modüler bir ürünün modüllerden yani yapı taşlarından oluştuğuna inanıyor olmasıdır. Bu modüllere uyan bileşenlerin ne kadar bağımsız olursa, bir ürün o kadar modüler olur. Bu nedenle modülerliğin tanımı modüllerin tanımı üzerine kuruludur.

2.2 Ürün tasarımı ve modülerlik

Modülerliğin temelinde ürün vardır. Ürün tasarımında modülerlik, daha küçük alt sistemleri birleştirerek daha büyük sistemleri oluşturan bir mühendislik tekniğidir. Modüler tasarım veya “tasarımda modülerlik”, bağımsız olarak oluşturulabilen ve daha sonra farklı sistemlerde kullanılabilen bir sistemi daha küçük parçalara ayıran bir tasarım yaklaşımıdır.

Modüler tasarım, karmaşık bir sistemin, daha küçük, tamamlayıcı ve farklı bileşenlere ayrılmış olarak düzenlenmesidir. Bu bileşen ayrı ayrı tasarlanabilir ve ardından tüm sistemi tekrar sorunsuz bir şekilde oluşturmak üzere birleştirilebilir. Modüller iyi tanımlanmalıdır ki modüllerden oluşturulan tasarım o kadar hatasız ve iyi olsun. Tek tek bileşenler, başka sistemler oluşturmak için kullanılabilir ve bu nedenle birden çok işlevsellik kazanabilirler

Modüler ürün tasarımı, kanıtlanmış bir konsepttir ve entegre bir ürünün yaşam döngüsü yönetimi (PLM) stratejisini geliştirmenin en önemli yönlerinden biridir. Piyasadaki çok çeşitli ürünlerde

kullanılabilir ve ürün bileşenlerinin standardizasyonunu kolaylaştırır- lar [8]. Tasarımda modülerliği tercih etmenin birden fazla avantajı var- dır.

Modüler sistemlerin örnekleri arabalar, bilgisayarlar, mobilyalar, küçük ev aletleri, telefonlar ve hatta telefon uygulamaları gibi günlük hayatımızın içindeki birden fazla üründür.

Modüler bir ürünün en klasik örneği ise; işlemci, sabit disk, moni- tör gibi parçaların geliştirildiği, farklı kuruluşlar tarafından üretildiği ve diğer şirketler tarafından monte edildiği kişisel bilgisayardır [1].

Temel olarak tasarımda modülerlik, üretim ve kullanım alanla- rında birçok konuya değiniyor. Modülerliğe oluşturduğu işlevsel ba- ğımsızlıktan ötürü, iyi tasarımın amacı denir. Endüstri, ürünlerin hem son kullanıcıların hem de pazarlamanın ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde modüler hale getirilmesi için çaba gösterdi. Modüler her bir parça -yani modüller farklı kombinasyonlar- ile farklı ürünler elde etti. Bu da yeni ürün ailelerinin yaratılmasına yol açtı.

Ürün modüleritesi, çeşitli modüllerin karıştırılması ve eşleştiril- mesi ile basit bir platform tasarımıyla ürün ailelerinin kolayca oluş- turulmasını sağlar. Ürün çeşidi sayesinde de yüksek derecede özel- leştirme sağlanabilir. Dahası, modülerlikle parçaların veya modüllerin taşınması ve yeniden kullanılması da mümkündür [9].

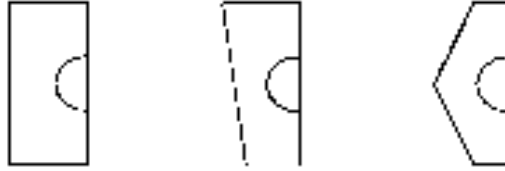
2.3 Modülerliğin çeşitleri

Modüler ürün mimarisi fonksiyonel modülerlik adı altında yedi türe ayrılmıştır. Fonksiyonel modülerlik ise bir ürünü işlevsel modüllere ayırmayı ve bu ayrımın nasıl olacağını belirten modülerlik yaklaşımı- dır [1].

2.3.1 Bileşeni paylaşan modülerlik (component-sharing modularity)

Bu kategoride, aynı temel bileşeni paylaşan farklı modüller birleştiril- lerek, farklı ürün ailelerine ait farklı ürün çeşitleri oluşturulmaktadır.

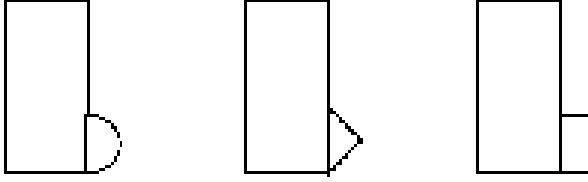
Bileşen paylaşımı, bileşen değişiminin tamamlayıcısı olarak kabul edilir. Bileşen paylaşımı ve bileşen değiştirme modülerliği, değiş tokuşun farklı bileşenleri kullanan aynı temel ürünü içermesi ve paylaşımın aynı bileşeni kullanan farklı temel ürünleri içermesi dışında aynıdır. Aralarındaki fark, temel ürün ve bileşenlerin belirli bir durumda nasıl tanımlandığına bağlıdır. Şekil 1, aynı bileşeni paylaşan üç farklı temel bileşeni göstermektedir. Aynı motoru kullanan farklı araçlar örnek olarak gösterilebilir [10].



Şekil 1. Bileşeni Paylaşan Modülerlik

2.3.2 Bileşen-değişim modülerlik (component-swapping modularity)

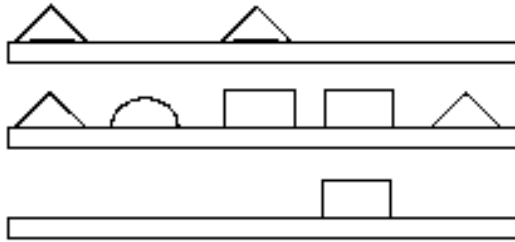
Bir temel parçanın veya ürünün değişik modüller kullanabilmesi ve bu sayede farklı görevler gerçekleştirebilmesidir. Bileşen değişim modülerliği, bir bileşenin iki veya daha fazla alternatif türünün, aynı ürün ailesine ait farklı ürün varyantları yaratan aynı temel ürünle eşleştirilebilmesi durumunda meydana gelir. Bilgisayar endüstrisindeki bu tür modülerlik örnekleri, farklı sabit disk tiplerinin, monitör tiplerinin ve klavyelerin aynı bilgisayar ile olası eşleşmesi olabilir. Bileşen değişim modülerliği genellikle müşteri tarafından algılanan ürün çeşitliliği ile ilişkilidir [11]. Şekil 2’de bu modülerlik görselleştirilmiştir.



Şekil 2. Bileşen-Değişim Modülerlik

2.3.3 Taşıyıcı modülerlik (bus modularity)

Bu modülerlik, bir modül herhangi bir sayıda temel bileşenle eşleştirildiğinde ortaya çıkar. Bir üründeki temel bileşenlerin sayısı ve konumunu değiştirebilir. Taşıyıcı modülerlik, Şekil 3'te gösterilmektedir. Bir taşıyıcı modülerliğe örnek olarak, farklı türdeki farelere, RAM'lere ve sabit disklere ek olarak farklı giriş ve çıkış birimlerinin var olabileceği ve hem konumlarında hem de sayılarında farklılık gösterebilecekleri bir bilgisayar verilebilir [10].

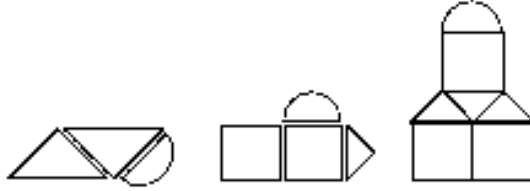


Şekil 3. Taşıyıcı Modülerlik

2.3.4 Bölgesel modülerlik (sectional modularity)

Bölgesel modülerlikte, diğer elemanlarla ara yüz oluşturan ortak bir veri yolu veya temel öge yoktur. Her eleman birbiriyle bağlanmak için

ortak bir ara yüz kümesi kullanır [12]. Klasik örneği ise çok iyi bilinen bir modüler mobilya üreticisi olan USM ve ünlü Lego bloklarıdır. Bölgesel modülerlik Şekil 4’te gösterilmektedir.



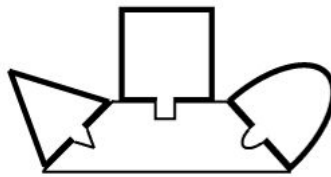
Şekil 4. Bölgesel Modülerlik

2.3.5 Kes-Yapıştır modülerlik (cut-to-fit modularity)

Bir veya daha fazla standart bileşen bir veya daha fazla sonsuz değişken ek bileşenle kullanılır. Varyasyon genellikle değiştirilebilecek fiziksel boyutlarla ilişkilidir [10]. Örneğin: Bisikletler ve giyim eşyaları gibi.

2.3.6 Yuvalı Modülerlik (Slot Modularity)

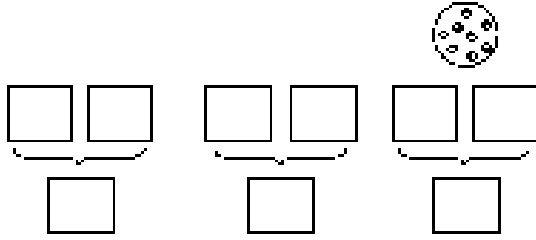
Yuvalı modülerlik, farklı ara yüzlere sahip elemanlardan oluşur. Her eleman bir baz elemanla benzersiz bir ara yüz paylaşır. Bu nedenle, elemanlar etrafında değiştirilemez [12]. Şekil 5 Yuvalı Modülerlik görselidir.



Şekil 5. Yuvalı Modülerlik

2.3.7 Karma modülerlik (mix modularity)

Diğer modülerliklerin beraber kullanımını ifade eder. Bu tip modülerlikte bileşenler birlikte karıştırılarak kullanılır ve yeni bir ürün oluşturulur. Örneğin; boyalar karıştırıldığında orijinal rengini kaybederler ve yeni bir renk oluştururlar [13]. Şekil 6 Karma Modülerlik örneğidir.

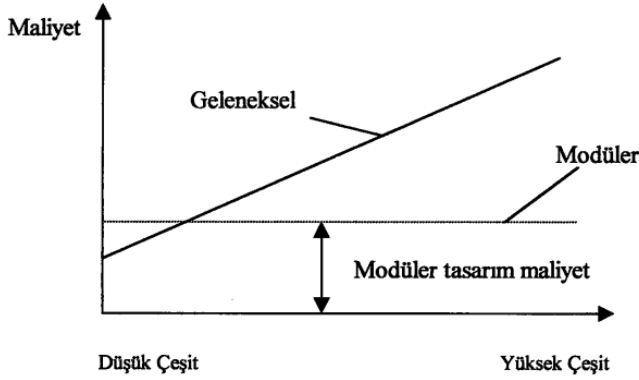


Şekil 6. Karma Modülerlik

2.4 Modülerliğin yararları

Modülerliğin; karmaşıklığı en düşük düzeye indirme, yeniden kullanılabilirlik, genişletilebilirlik, taşınabilirlik, bakım kolaylığı, maliyet gibi birçok yararları vardır. Aşağıda literatürdeki yazarların modülerlik ile ilgili bahsettikleri avantajları inceleyeceğiz.

Modülerlik, maliyet düşürme (kişiselleştirme olmaması ve daha çabuk öğrenme süresi nedeniyle), tasarımda esneklik gibi avantajlar sunar. Geleneksel ürün geliştirme sistemlerinde ürün çeşitliliği arttıkça, maliyet de artar. Ama modülerlik yaklaşımı ile bu sorunun üstesinden gelinbilir. Elde var olan modüllerin değişik kombinasyonları ile ürün çeşitliliği elde edilirken maliyet söz konusu olmayacaktır. Modüler tasarımda en büyük maliyet, ilk ürünün maliyetidir. Bu ilişkinin grafiği Şekil 7'deki gibidir [1].



Şekil 7. Modüler Tasarım ve Maliyet Grafiği

Şekil 7’de de görüldüğü gibi modüler tasarım süreyi ve riskleri azaltmaktadır. Ulrich ve Tung’un çalışmaları, modüler ürünlerin maliyet ve faydalarını ayrıntılarıyla anlatmaktadır. Modüler tasarımın avantajları hakkındaki ifadeleri şöyledir:

- Ürün aileleri arasında aynı bileşenlerin kullanımı sayesinde, bileşenlerin ekonomilerinde sınırlama yapılabilir.
- Fonksiyonel modüller sayesinde ürünü güncelleme kolaylığı vardır.
- Daha az modüller grubu ile daha çok ürün çeşitliliği sağlanır.
- Daha küçük modüller sayesinde siparişin teslim süresi azalır [2].

Modülerlik, tasarımcının imalat süreçlerinde meydana gelen değişikliklerin ürün tasarımını ne derece etkilediğini kontrol etmesini sağlar. Hatta değişebilirliği teşvik ederek, tasarımcılara daha fazla esneklik ve daha kısa devir süresi sağlar. Modülerliğin sunduğu esneklik, üretimdeki belirsizlik arttıkça giderek önemli hale gelir. Modülerlik, bir ürünün bağımsız bileşenlere bölünmesinden kaynaklanmaktadır. Bu bağımsızlık standartlaştırılmış bileşenlerin kullanımını artırır ve tasarımcıların çok daha küçük bir bileşen seti kullanarak daha geniş bir ürün çeşitliliği yaratmalarına olanak tanır. Ürün çeşitliliği, var olan üründeki her bileşenin birkaç değişik versiyonuyla oluşturulur.

Bileşenler arasındaki fiziksel ve işlevsel ara yüzler aynıdır. Sonuç, bileşenlerin herhangi bir kombinasyonu ile aynı ürünün farklı versiyonlarına ya da küçük bir değişiklikle farklı bir ürün ortaya çıkabilir. Modülerlik, ürün çeşitliliği ve stratejilerde esneklik sağlar [3].

Günümüzde birçok ürün karmaşık tasarım ve ürün yapısına sahiptir. Modüler yaklaşım, karmaşık ürünü alt parçalara böldüğü ve bu alt parçalar arasındaki standart ilişkileri tanımladığı için bu karışıklık ortadan kalkmış olur.

“Temin süresi = İşlem süresi + kontrol süresi + taşıma süresi + bekleme ya da depolama süresi” olarak tanımlanmıştır. Hazır bulunan modüllerin bir araya getirilmesinden elde edilen ürünler dolayısıyla daha kısa sürede müşteriye teslim edilecektir. Böylece modüler ürünler kısa temin süresi sağlarlar [1].

Birbirinden bağımsız olan modüllerde sorunlar tek bir modül üzerinden çözüldüğü için ürünün bakımı, tamiri ve gelişimi kolaylaşır. Ürünün kontrolü de bağımsız modüller sayesinde daha kolaydır.

Modülerliğin avantajları araştırılıp incelendiğinde birden fazla olduğu görülmüştür. Aynı modüller ile farklı ürünler oluşturulduğu için, maliyette azalma, integral bir üründen ziyade modüllere ayrılmış bir ürün olduğu için, daha çabuk temin, daha çok seçenek ve daha kolay tamir gibi avantajları vardır.

2.5 Modülerliğin dezavantajları

Modüler tasarımı kullanmak kuruluş genelinde birtakım avantajlar sağlıyor olsa da şirketler modüler tasarımın uygulanmasına ilişkin kararı değerlendirirken veya mevcut modüler süreçleri gözden geçirirken olası riskleri dikkate almalıdır [6].

Aşağıda görülebilecek dezavantajlar gibi, modülerliğin yanlış kullanımı ya da sisteminden dolayı oluşan dezavantajlardan ötürü, dikkatle ve özenle kullanılması gereken bir tasarımdır.

- Modülerlik düzgün uygulanmadığında önemli zorluklardan biri de ilk tasarımdır. Modüllerin sayılarının az olup ve bu

modüllerin değişik görevler yapmalarının istenmesinden dolayı, performansta düşüklük olur. Mevcut sistemleri ve süreçleri yeniden yapılandırma maliyetleri de yüksektir. Modüler tasarım önemli bir girişimdir ve bu durum ürün hattının mevcut akışını bozabilir.

- İntegral bir tasarımda, şirketler ürün özelliklerini müşteri ihtiyaçlarına göre belirler; bununla birlikte, modüler bir mimari hem müşteri ihtiyaçlarını hem de maliyet etkinliklerini kullanmaktadır.
- Modüler tasarım, süreçlerin yeniden yapılandırılmasını gerektirir ve şirketler iyi planlanmış bir uygulama sürecinde sahiplik ve sorumluluklar atayamazlarsa, ürün geliştirmede karmaşıklık artabilir. Uygulama sonrası, birimler arası iş birliği eksikliği, süreçlerin çoğaltılmasına, ürün özelliklerinde, satın alma siparişlerinde ve üretim planlarında tutarsızlıklara ve işletme birimleri arasında uyumsuz ara yüzlere neden olabilir. Şirketler bu koordinasyon sorunlarını ele almazlarsa, ürünler kalite ve istikrar açısından sorunlu olabilir.
- Modüler tasarım benimsendiğinde, tedarikçi tabanı ve gerekli hizmetler değiştirilecektir. Yeni tedarikçilerle iş birliği yaparken şirketler, gecikmeler ve düşük malzeme kalitesi yaşayabilir.
- Tasarımcıların bileşenleri tanımlamak için daha geniş bir teknik anlayışa sahip olmaları gerekir. Tasarım ekibi bu geniş becerilerden yoksun olursa, şirketler potansiyel faydaları yakalayamazlar [14].

3. Otomotiv Endüstrisinde Modülerlik

Birinci bölümde modülerliği kavramsal açıdan anlamaya çalıştık. Bu bölümde ise otomobil sektöründe parlayan modülerliğin avantajları ve nasıl kullanılmaya başlandığına değineceğiz.

Otomotiv sektöründe orijinal parça üreticilerinin satış ve pazar konumunu artırmak için, maliyetleri düşürmeye, kaliteyi artırmaya ve ürünün piyasaya sürülmesini hızlandırmaya devam ederken, yenilikçi ürünler geliştirmek için de kapsamlı stratejileri olmalıdır. Bu hedeflere ulaşmada en umut verici stratejilerden biri modüleritedir. Küresel otomotiv sanayinde, modülerleştirme kavramı, büyük otomobil imalatçılarının tasarım ve montaj stratejilerinde başarılı yeni ürünlerin kullanımını kolaylaştıran bir yaklaşım olarak artan bir ilgi görmüştür.

Otomobil üretim endüstrisini oluşturan tüm şirketler şirket standardı ya da endüstri standardı yerine kısa ömürlü, standart olmayan, değiştirilebilir parçaları kullanmayı tercih etmeye başladılar. Hemen hemen tüm otomobil parçaları kısa sürede modellenip, üretilebilen, tekel fiyatlamaya izin verir hale geldi. Otomotiv sektöründe en göze çarpan modülerliği ise araçların altı denilen ana platform yapılarında görüyoruz. Her firma Rekabet ortamı doğrultusunda kendilerine ait platformlarını oluşturuyor. Bu firmaları ve modüler platform tasarımlarını ise üçüncü bölümde inceleyeceğiz.

3.1 Otomotiv endüstrisinin modülerlik beklentileri

Son yıllarda modülerleştirme, günümüzün ısmarlama döneminden dolayı dünya otomobil endüstrilerinde artan bir ilgi ve dikkat kazanmıştır. Otomotiv sanayisinde modülerliğin kavramları ve amaçları ülkeden ülkeye ve şirketten şirkete farklılık göstermektedir. Japonya’da çoğunlukla üretim hatlarında kullanılırken, Avrupa endüstrilerinde firmalar arası sistemlerde uygulanmaktadır. Genellikle, otomotiv endüstrisi çeşitli karmaşıklıklarla karşı karşıyadır. Peki bu karmaşıklıklar içerisinde müşteri beklentileri nasıl karşılanabilir? Modülerlik kavramı, daha fazla ürün çeşidi üretmek amacıyla müşterinin ihtiyaçlarını karşılamada bir cevap olabilir [15].

Otomotiv endüstrisinde, modülerlik belirsiz bir şekilde tanımlanmış ve kendi karmaşıklığı nedeniyle uygulaması sınırlı kalmıştır. Literatürde, modüler tasarımın pek çok uygulaması bilgisayarlar

ve yazılımlar gibi endüstrilerde bulunabilir; az sayıda otomobil üreticisi, ürün tasarım ve geliştirme sitelerinde modülerlik konsepti ile geniş araştırmalar yapmıştır [16]. Otomobil endüstrisinde, modülerlik kavramı, özellikle karmaşık ve ergonomik zorlu görevleri içeren montaj operasyonlarında ve üretim hattında benimsendi. Otomotiv endüstrileri, ürünlerin imalat sürecinde modülerleştirmeyi benimsemek için dikkatle hareket ediyorlar. Temel sorun, modüller arasındaki arayüzleri tasarlamaktır. Modüller arasında doğru arabirim standartlarının bulunmaması, geliştirilmiş modüllerin bütünlüğünün ve kalitesinin düşürülmesine sebep olur. Her ne kadar otomotiv sektörüne yeni girmiş olsa da modülerlik sektörde beklentilere yanıt verdiği için hızla gelişmekte ve bir rekabet ortamı oluşturmaktadır.

3.2 Otomotiv sanayisinde modülerliğin yararları

Günümüzün otomotiv sanayisinde hızlı ve yüksek kalitede, en düşük maliyetle araç üretme ve tasarlama ihtiyacı vardır. Modülerlik yaklaşımı, bu hedeflere ulaşmanın en güçlü yollarından biridir.

- Piyasaya sürülme zamanı, yeni parça tasarımı ve tedarik sürelerini azaltır.
- Malzemeler, alet takımları ve teçhizat için daha düşük maliyet sunar.
- Mühendislik ve imalat değişikliklerini yalnızca değişiklik gerektiren alanlara odaklayarak yatırım verimliliği sağlar.
- Parçalar, araçlar, süreçler ve bilgi ile ilgili kalite sorunlarını ortadan kaldırarak kaliteyi artırır.
- Gereksiz yeni imalat süreçlerini, ekipman ve tesisleri elimine ederek hazır hale getirir.

Otomotiv üreticileri için avantajlar önemlidir. Bir defaya mahsus harcamalar için modülerlik maliyet tasarruflarının %20'ye ulaşabileceği, kalkınma süresinin %30 ve birim maliyetlerin %20 oranında düştüğü tahmin edilmektedir. Maliyet tasarrufuna katkıda bulunan en

büyük faktör, iş ücretinin düşürülmesi, malzeme maliyet tasarrufu ve montaj verimliliğinin artırılmasıdır [17].

3.3 Araç tasarımında modüler ve integral yaklaşım farkı

İntegral ürün mimarisi, fonksiyonel öğelerden fiziksel bileşenlere ve bileşenler arasındaki ara yüzlere kadar karmaşık ve fazla eşleşme içerir. Modüler bir mimari, modüller ve işlevler arasında bire bir uygunluk sunar ve bileşenler arasındaki eşleşmemiş arabirimleri belirler. Bununla birlikte, ürünün yapısı da üretimini etkiler. Modüler tasarımdan türemiş tüm ürün varyantlarını çevik bir şekilde üretebilen üretim sistemleri gereklidir. Bu tür sistemlerin temel unsurları esnek donanımlar ve aletler, vasıflı iş gücü, kablosuz teknoloji, otomatik robot kalibrasyonu ve esnek zemin alanı gibi teknolojilerin entegrasyonudur [9].

Tasarımda modüler ve integral yaklaşım anlatımına örnek olarak araçların gövde altı yapısı yani platform tasarımı seçilmiştir. Gövde altı araç tasarımında modülerlik de en dikkat çeken bölümdür. Üçüncü bölümde bu bölüme sektördeki firmaların çözümlerini ve ürettikleri modüler platformları inceleyeceğiz. Gövde altı yapısı aracın uzunluğunu ve nihai şeklini büyük ölçüde belirler. Gövde altı yapısı, integral veya modüler formda tasarlanabilir.

3.3.1 Gövde altı yapısının integral tasarımı

Bütünleşik tasarım mimarisine sahip bir gövde altı yapısı genelde yüksek karmaşıklıklara sahiptir. Eğer tasarlanan platformun bir bölümünde bir değişiklik yapılırsa, gövdenin diğer bölümlerini de etkileyeceği anlamına gelir. Çoğu zaman, bu tür değişiklikler tasarımcılar ve üretim planlamacılar tarafından yeniden bir çaba gerektirir. Esnek olmayan mimarisi nedeniyle gövde altı yapısı alternatif tasarım türevleri üretme konusunda başarılı değildir [9].

3.3.2 Gövde altı yapısının modüler tasarımı

Gövde altı yapısının modüler tasarımı üç ana modülden oluşabilir: zemin, ön uç ve arka modüller. Bu modülerlik sayesinde, alternatif tasarım varyantları, her bir modülün farklı varyantlarıyla karıştırılarak ve eşleştirilerek oluşturulabilir.

Dahası, modüllerin bölünmesi yoluyla, gövde yapısının boyutundaki ölçeklenebilirliğe kolayca erişilebilir. Modüler bir gövde biçimi ve boyutları açısından alternatif platform varyantları üretilebilir [9].

4. Araç Tasarımında Modülerliğe Firmaların Yaklaşımı

Bir gövde altı yapısı yani platformu, aracın temel çekirdeğini oluşturur. İkinci bölümde gövde altı yapısının modülerliğinden yani modüler platform tasarımından ve avantajlarından bahsettik. Otomobil üreticileri model geliştirme maliyetlerini azaltmak için şasi ve yürür aksamaları tekrar tekrar tasarlamak yerine modüler platformlar geliştiriyorlar. Bu bölümde ise son yıllarda gelişen modüler platform tasarımının, araç firmalarınca geliştirilen farklı yöntemlerini inceleyeceğiz. Volkswagen'in geliştirdiği MQB sisteminden sonra rekabet ortamı artmış, modülerliğin sektördeki avantajları kanıtlanmış ve diğer firmalar da kendilerine uygun modüler platform tasarımları geliştirmeye başlamıştır. Bu bölümde farklı firmaların modüler platform tasarımına yaklaşımını inceledi.

4.1 Volkswagen'in modüler platform yönetimi (MQB)

Modüler Platform Yönetimi (MQB) Volkswagen'in ilk kez Golf VII modeli ile kullanmaya başladığı MQB (Modular Transversal Matrix) segmentler arası da kullanılabilen, yani sadece A segmenti değil, A0'dan B'ye kadar tüm segmentlerde kullanılabilen bir yapıya sahiptir. Bu sayede, artık B segmentine ait olan teknolojiler, A ve A0 segmentinde dahi görülebilecektir. MQB, aynı zamanda üretim hattında

ve aracın yaşamı boyunca karşılaşılabileceği onarımlarda standardizasyon anlamına da gelmektedir. MQB platformunun sağladığı en büyük gelişimlerden biri de ağırlık tasarrufu olmuştur. Golf VII, genişleyen boyutları ve artan teknolojilerine rağmen, Golf VI'dan modele ve konfigürasyona bağlı olmakla birlikte maksimum 100 kg daha hafif olacak şekilde geliştirilmiştir [18]. Bu platform Şekil 8'deki gibidir.

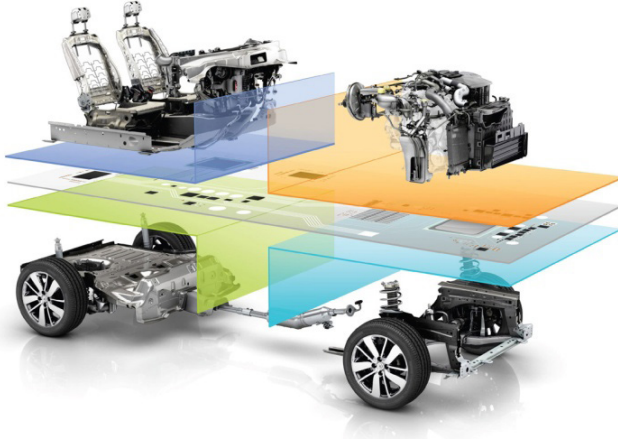


Şekil 8. Volkswagen MQB [18]

Skoda Octavia, Audi Q7, Skoda Kodiaq ve Volkswagen Tiguan gibi SUV otomobiller, MQB platformunun sunduğu çeşitliliğe dayanıyor. Volkswagen Group, bu platformu kullanarak ürünlerinde standardizasyona uyum sağlamış ve farklı markalar aracılığıyla ürün sunumunu genişletmiştir. Platform, 2007 yılından beri varlığını sürdürüyor. Daha hafif koltuk iskeletleri ve daha pek çok unsurla birlikte toplam tasarruf, verimliliği fark edilebilir seviyeye çıkarmak için yeterli olmaktadır

4.2 Renault-Nissan ortak modül ailesi (CMF)

Ortak Modül Ailesi (CMF), otomobil üreticileri Nissan ve Renault tarafından ortaklaşa geliştirilen modüler bir mimari konsepttir. Bu konsept çok çeşitli araç platformlarını kapsıyor. Şekil 9'de CMF platform örneği vardır.



Şekil 9. Renault-Nissan (CMF) [19]

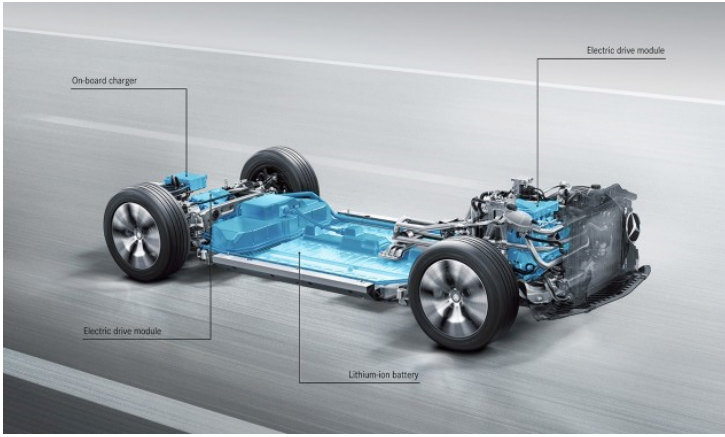
CMF, üretim maliyetlerini düşürmeyi ve Volkswagen Group'un MQB'si gibi önceki konseptlerle yarışmayı hedefliyor. Gerçek platformlar, sınırlı sayıda ortak modül kombinasyonu ile oluşturulmuştur. Tek bir modül, farklı araç sınıflarını kapsayan farklı platformlar için kullanılabilir ve böylece hem Nissan hem de Renault arasında bileşenlerin daha büyük bir standardizasyonuna izin verilir. Renault-Nissan CMF kullanarak geliştirilen çeşitli varyantlarını açıkladı: CMF-C / D büyük ve orta büyüklükteki araçlar (Örneğin; üçüncü nesil Nissan X-Trail ve ikinci nesil Nissan Qashqai) CMF-B kompakt kompresörler ve daha küçük araçlar için CMF-A kullanılacaktır [19].

4.3 Mercedes'in elektrikli otomobiller için modüler platformu

Mercedes-Benz, yeni nesil elektrikli otomobilleri için özel bir platform hazırladı. Mercedes'in "çok modellenli bir araç mimarisi" dediği platform, elektrikli otomobil lideri Tesla Motors'un platformuna benzer bir düzen kullanıyor. Böyle bir tasarım, bazen üst şapka olarak da adlandırılan çeşitli vücut kıvrımlarının kolayca yerleştirilmesini

sağlar. Aslında, Mercedes'in platformunun en az dört model üretmesi bekleniyor: iki sedan ve iki SUV [20].

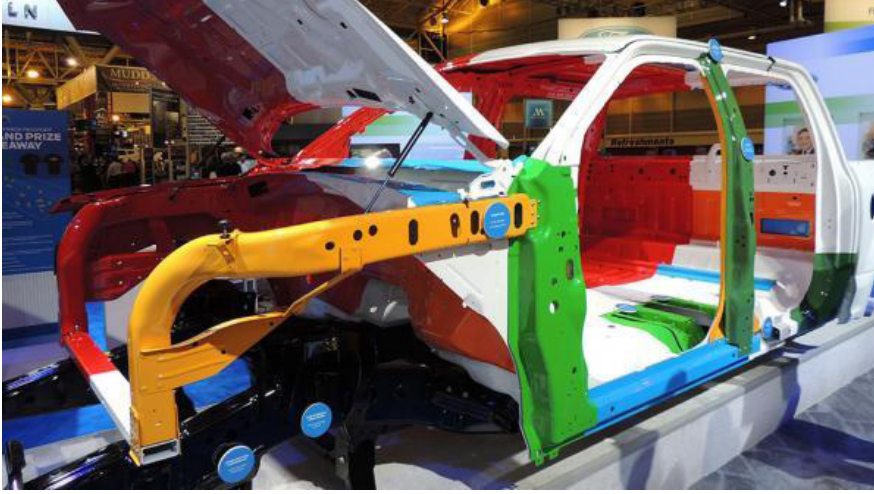
İç mekânı en üst düzeye çıkarmak için araç tabanında düz bir batarya bulunur ve düşük bir ağırlık merkezi oluştururken her iki dingildeki bir elektrik motoruyla birleştirilerek dört tekerlekten çekiş sağlar. Şekil 10 bu platformu göstermektedir.



Şekil 10. Mercedes'in Elektrikli Otomobiller İçin Modüler Platformu [20]

4.4 Ford F serisi'nin onarımı kolay modüler yapısı

Ford'un F-Serisi pikabı, alüminyum bakım gerektirmeyen beyaz gövde (body-in-white) modüler tasarımına sahiptir. Yeni F-150'nin modüler ön yapısının mevcut modellerle olduğundan 6-7 saat daha kısa sürede değiştirilebileceğini belirtiyor. İlk başta gövdenin alüminyum olmasından dolayı birçok korku düşünülürdü. Ancak Ford yöneticileri, otomobilin çarpışma hasarını daha az masraflı hale getiren kamyonun modüler yapısını detaylandırdıktan sonra korkular hafifletildi. Şekil 11'de Ford'un modüler gövde tasarımı vardır [21].



Şekil 11. Ford F Serisi'nin Onarımı Kolay Modüler Yapısı [21]

4.5 Volvo'nun ölçeklenebilir ürün mimarisi (SPA)

Geçtiğimiz 4 yıl içerisinde Volvo tarafından geliştirilen Ölçeklenebilir Ürün Mimarisi (SPA), şirketin halen devam eden 11 milyar dolarlık değişim planlarının yapı taşı oluşturuyor. İlk kez yeni XC90 ile lanse edilecek olan SPA, ardından tüm ürün sınıflarında kullanılıyor olacak.

SPA'nın faydaları iki yönlü. SPA'nın esnekliği öncelikle Volvo mühendis ve tasarımcılarını daha özgür kılıyor; onlara çok daha geniş bir yelpazede tasarım olanağı sağlarken, aynı zamanda sürüş özelliklerini artırmalarını, en yeni güvenlik özelliklerini uygulamalarını, en son bağlantılı araç teknolojileri sunmalarını ve kabin içi alanı genişletmelerini mümkün kıldı.

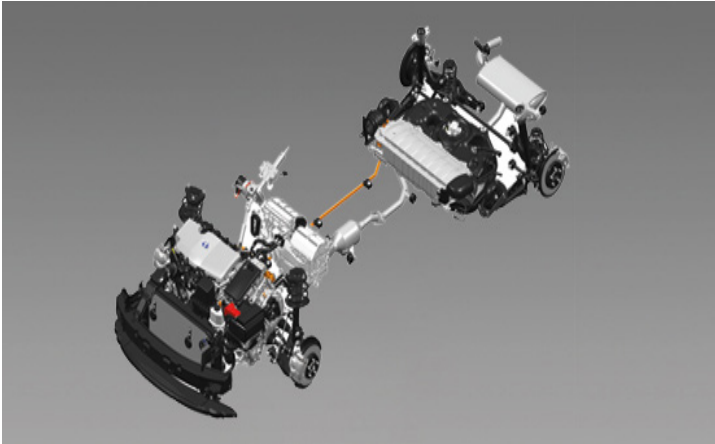
SPA ayrıca, geniş bir otomobil yelpazesine izin vererek, -her biri farklı karmaşıklıkta olan- güç aktarma organları, elektrik sistemleri ve teknolojilerin aynı mimari üzerinde yer almasını sağlayarak ve önemli bir ölçek ekonomisi oluşturarak Volvo'nun gelecekteki otomobil üretim şeklini değiştirecek [22]. Şekil 12 bu platformun görselidir.



Şekil 12. Volvo SPA [22]

4.6 Toyota yeni küresel mimari (TNGA)

Toyota Yeni Küresel Mimari (TNGA), 2015 yılının sonlarında dördüncü nesil Toyota Prius'tan başlayarak diğer Toyota ve Lexus modellerini destekleyecek modüler bir unibody otomobil platformudur. Şekil 13'de TNGA platformu, farklı araç boyutlarında çeşitli konfigürasyonlar barındırır.



Şekil 13. Toyota NGA [23]

TNGA (Toyota New Global Architecture) platformu 2020 yılında Toyota modellerinin yarısında kullanılıyor olacak. NGA platformu ile ağırlığı azaltarak yakıt tüketimi ve performansı iyileştirmeyi planlayan Toyota, ağırlık merkezini aşağı çekerek yol tutuşunu da arttıracak. Tüketimi CVT şanzıman ile %25 oranında azaltması planlanan platform sayesinde güç çıkışının %15 artması bekleniyor. Ayrıca hibrit modeller de %15 daha az yakıt tüketecekler. Platform ilk olarak orta büyüklükteki C segmenti modellere uygulanacak ve arkasından B sınıfı kompakt araçlarla D sınıfı ve üzeri büyük modellere entegre edilecek. Platform şimdilik tamamen önden çekişli olarak kullanılacak. TNGA platformu Toyota ürün gamının çok büyük bir kısmını kapsıyor. Platformun 800 farklı motor ile birlikte kullanılabilir olması da üreticinin elini güçlendiriyor. Platform geleceğin teknolojilerinin başını çeken otonom sürüş için de gerekli hazırlıklara sahip olacak [23].

5. Sonuçlar

Bu çalışmada kapsamlı bir literatür taraması yapılmış ve derlenmiştir. Modülerlik hakkında çok da kesin tanımlamalar olmamasından dolayı farklı araştırmacıların fikirlerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

Modülerlik giderek parlamakta olan, oldukça fazla avantaja sahip bir tasarım yöntemidir. Şu an çoğu ürün tasarımında kullanılmaktadır. Kişiselleştirme, maliyet, nakliye gibi avantajlarından dolayı insanlar modüler ürünleri tercih etmektedir. Modülerliğin kullanımı ürün özelliklerine göre farklı türlere ayrılır. Bazı dezavantajları olmasına rağmen, modülerlik hızla yaygınlaşan bir tasarım yaklaşımıdır.

Son yıllarda modülerliğin parlaması, otomotiv sektöründe de görülmeye başlandı. Modülerlik yaklaşımı otomotiv sektöründe adeta bir idol oldu. Bu sektörde modülerlik en belirgin olarak, platform tasarımında uygulanmaktadır. Gerek araç tamiri gerek değişebilir boyutu sayesinde, tasarlanan bu platformlar oldukça avantajlılar. Özellikle de bu platformlar beklentilerin üzerinde kar sağlıyor. Volkswagen'in başlattığı modüler platform tasarımı, her firmanın kendi özelliklerine

göre platform tasarlamasına neden oldu. Volkswagen'in ardından, Toyota, Renault, Nissan, Mercedes gibi firmalar da modüler platformlar geliştirdi.

Yukarıda örneklenen firmaların tasarımları incelendiğinde, sonuç olarak modülerliğin otomotiv sektörünün yeni alt yapısı olduğu bir gerçektir.

Teşekkür

Endüstri Tasarımında Modüler Tasarım İlke ve Uygulamaları dersini aldığım Doç. Dr. S. Selhan YALÇIN USAL'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1] Asan U. (2001) “*Modüler Ürün Tasarımı İçin Bütünleşik Bir Yöntem ve Uygulaması*” Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi
- [2] Ulrich K. & Tung K. (1994) “*Fundamentals of Product Modularity*” (Working Paper 3335-91-MSA). Cambridge: MIT Sloan School of Management. 14 p.
- [3] Gershenson J.K., Prasad G. J., Zhang Y. (2003) “*Product Modularity: Definitions and Benefits*” J. Eng. Design, Vol. 14, No. 3, September 2003, 295–313
- [4] Chang T.S. & Ward A.C. (1995) “*Design In Modularity With Conceptual Robustness*” Research in Engineering Design 7 (2): 67–85.
- [5] Baldwin C.Y. & Clark K.B. (1997) “*Managing In The Age Of Modularity*” Harvard Business Review, September-October
- [6] O’Grady P. (1999) “*The Age of Modularity: Using The New World of Modular Products To Revolutionize Your Corporation*” Adams and Steele Pub., USA.
- [7] Schilling M.A. (2000) “*Toward a General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity*” Academy of Management Review, Vol.25, No.2.
- [8] Golfmann J. & Lammers T. (2015) “*Modular Product Design: Reducing Complexity, Increasing Efficacy*” Performance, Volume 7, Issue 1
- [9] Paralikas J., Fysikopoulos A., Pandremenos J., Chryssoulouris G. (2008) “*Product Modularity And Assembly Systems: An Automotive Case Study*” Laboratory for Manufacturing Systems and Automation, Department of Mechanical Engineering and Aeronautics, University of Patras, Patras 265 00, Greece

- [10] Kamrani A.K. & Salhieh S.M. (2002) “*Product Design For Modularity*” 2nd Edition, Springer Science Business Media, LLC
- [11] Swamidass, P. M. (Ed.) (2000) “*Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*” Springer US
- [12] “*Types Of Modular Interface Design*”
Son Erişim Tarihi:01.03.2019
<https://www.techcoil.com/blog/types-of-modular-interface-design/>
- [13] Karlı B. (2016) “*Standardization & Modularity Modularity Types*”
Son Erişim Tarihi:01.03.2019
<https://prezi.com/ifsp4ekh6upt/standardization-modularity-modularity-types/>
- [14] Barut K. (2004) “*Modülerliğin Gerçek Opsiyonlarla Değerlendirilmesi: Roket Modülerliği Örneği*” Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi
- [15] Shamsuzzoha A. (2010) “*Modular Product Development for Mass Customization*” Lambert Academic Publishing
- [16] Baldwin, Carliss & Clark, Kim. (2000) “*Design Rules: The Power of Modularity*” The MIT Press; 4th Printing Edition
- [17] Dassault Systemes “*An Enterprise Strategy for Effective Vehicle Modularity*” Industry White Paper
Son Erişim Tarihi: 02.03.2019
https://www.3ds.com/fileadmin/Industries/TransportationMobility/Images/Enterprise_Strategy_for_Effective_Vehicle_Modularity_White_Paper_US-LETTER.pdf
- [18] “*Modüler Platform Yönetimi (MQB)*”
<https://binekarac2.vw.com.tr/vwsozluk/ShowComponent.aspx?ComponentID=18252>
Son Erişim Tarihi: 02.03.2019
- [19] Tom Philips (2013) “*Renault-Nissan Announce CMF Modular Architecture*”
Son Erişim Tarihi: 02.03.2019
<http://www.autoexpress.co.uk/nissan/qashqai/64538/renault-nissan-announce-cmf-modular-architecture>
- [20] Viknesh Vijayenthiran (2016) “*First Look At Mercedes Modular Platform For Electric Cars*”
Son Erişim Tarihi: 02.03.2019
https://www.motorauthority.com/news/1104441_first-look-at-mercedes-modular-platform-for-electric-cars
- [21] David E. Zoia (2014) “*Ford Says Modular Construction to Make Aluminum F-Series Easier to Repair*”
Son Erişim Tarihi: 02.03.2019

<http://wardsauto.com/technology/ford-says-modular-construction-make-aluminum-f-series-easier-repair>

- [22] “*Yeni XC90, Şirketin Yeni Ölçeklenebilir Ürün Mimarisi ile Üretilen İlk Volvo Olacak*”

Son Erişim Tarihi: 02.03.2019

<https://www.media.volvocars.com/tr/tr-tr/media/pressreleases/148966/ye-ni-xc90-sirketin-yeni-olceklenebilir-urun-mimarisi-ile-uretilen-ilk-volvo-olacak>

- [23] “*Toyota New Global Architecture: Building The Future*” (2015)

Son Erişim Tarihi: 02.03.2019

<https://www.toyota.co.uk/world-of-toyota/stories-news-events/tnga.json>

