

OTOMOBİL İÇ DÜNYASINDAKİ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0 BEKLENTİLERİ

Süleyman ÜSTÜN

Dr., Manisa Celal Bayar Üniversitesi Motorlu Araçlar ve Ulaştırma
Teknolojileri Bölümü
suleyman.ustun@cbu.edu.tr

Özet

Birinci Sanayi Devrimi'nden sonra hızla gelişen otomobil dünyası her geçen gün kendini yenilemiş ve müşteri beklentileri doğrultusunda en önemli Ar-Ge çalışmalarının öncüsü olmuştur. İlk buharlı otomobil 1769 yılında Fransız Nicolas Joseph Cugnot ve ilk fosil yakıtlı otomobil olan 1885 yılında Alman Karl Benz'in patentini alarak icat ettiği otomobiller ile günümüz otomobilleri temel prensipte aynıdır. O tarihlerdeki kullanıcı beklentileri ile gelişen teknoloji ve buna paralel değişen toplumsal algılar ve beklentiler sebebiyle teknolojik yansımaların en önemli etkilerini otomobil dünyasında görmek mümkündür. Robotik sistemler ile günün beklentileri çerçevesinde üretilen otomobillerin; çevreci otomobil olmakla birlikte yakıt ekonomisi, performans, konfor ve güvenlik sistemleri ile müşteri beklentilerini de karşılama zorunluluğu vardır. Aksi takdirde küresel arenada otomobil üreticilerinin varlığını sürdürmeleri mümkün gözükmemektedir. Bir araç beyni (E.C.U) ile kontrol edilen otomobil yardımcı sistemleri (aktif-pasif güvenlik sistemleri, can-bass sistemi, ABS, ASR, klima, yol bilgisayarı, hız sabitleme vb.) sürüş rahatlığı ve güvenliği sağlayarak sürüş işlemlerini daha çekici ve kolay hale getirmektedir. Yardımcı sistemlerin ve birbirleri arasında olan iletişimin kolaylaştırıcı özelliği vardır. Bu çalışmada E.C.U ve haberleşme sistemleri ile endüstri 4.0 etkilerinin otomobil gelişimi ile etkileşimi ele alınmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: E.C.U, Otomobil Teknolojisi, Endüstri 4.0

GİRİŞ

Birinci Sanayi Devrimi otomobiller için bir dönüm noktası olmuştur. 18. yüzyılın ikinci yarısında fosil yakıtlı motorların icadı ile başlayan motorlu taşıt imalatları günden güne gelişerek yerini hibrit araçlar veya tamamen elektrikli araçlara bırakarak endüstri 4.0 teknolojileri ile insansız araçlara doğru hızla ilerlemektedir. Küresel rekabet, fosil yakıt rezervlerinin gelecek yıllarda hızla azalacak olması, ülkelerin karbon ayak izi sınırlamaları, fosil yakıtlı araçların zararlı egzoz emisyonları sonucu küresel ısınmanın tetiklenmesi gibi durumlar ise bu değişim sürecini tetikleyen en önemli unsurlardır.

1970'li yıllara kadar taşıtlarda konfor ve güvenlik ön planda iken belirli dönemlerde yaşanan petrol krizleri motorlu taşıt üreticilerini yakıt ekonomisi ön planda olan ve yazılım, elektronik ev malzeme teknolojisinin gelişimlerine paralel olarak taşıt teknolojileri de günden güne gelişme göstermiştir. 1990'lı yıllardan sonra otomobil teknolojileri elektronik ve yazılım sistemleri ile desteklenerek çok önemli gelişmeler göstermiştir. Otomobil, motor ve yardımcı sistemlerin bileşeni olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bileşenlerden bazıları; aktif-pasif güvenlik sistemleri, (ABS, ASR, airbag, mesafe kontrolü), konfor sistemleri (elektrikli ayarlar, elektronik kontrollü çift bölge klima, ısıtmalı ve masajlı koltuklar), hidrolik direksiyon, yol bilgisayarları, cam bas haberleşme sistemleri sayılabilir.

Otomotiv teknolojisindeki bu gelişmeler, birçok bilimsel ve teknolojik bakış açısının otomotiv alanına girmesine yol açmış ve "otomotiv mekatroniği" gibi yeni kavramların oluşmasına imkân vermiştir. Bilgisayar kontrollü akıllı tanıtım, güvenlik ve konfor özellikleri arabaları karmaşık hale getirdi. Otomotiv endüstrisi, tüm dünyada gıda, tekstil ve makine sanayileri ile birlikte önemli bir ana endüstri kolu olarak yüz yılı aşkın bir süredir tüm insanlığın ilgi odağında olmuştur. İnsanların özgürce bir yerden bir yere gitme isteklerine cevap veren binek otomobillerin yanı sıra ürünlerin istenilen yerlere taşınmasını sağlayan tırlar, kamyonlar ve kamyonetler

ve insanların toplu olarak taşınmasını sağlayan otobüs, minibüs gibi araçlar da otomotiv endüstrisinin önemli ürünleridir. [7, 14,19].

Otomotiv sanayi, demir-çelik, elektrik-elektronik, bilişim, hafif metaller, petro-kimya, plastik gibi temel sanayi dallarının başlıca ürün alıcısıdır ve otomotiv sektöründeki gelişmeler bu sektörleri de teknolojik yeniliğe zorlamaktadır.

Otomotiv üretiminde önemli rol oynayan robot teknolojilerinde yaşanan gelişimler sanayi sektörlerini üretim kabiliyetleri açısından olağanüstü bir biçimde değiştirmiştir. Robotlar eskiden ağırlıklı olarak üretimin verimliliğini, kalitesini arttırmak ve üreticilerin operasyonel maliyetlerini düşürmek için karmaşık, tekrarlayıcı veya tehlikeli görevleri yerine getirmek için geleneksel olarak kullanılırdı. Ancak, endüstriyel robot pazarı artık nesnelerin interneti (IOT) tarafından yönlendirilen yeni bir dönüşüm sürecini yaşamaktadır. Öte yandan, robotların entegrasyonunda ve programlanmalarındaki zorluklar, müşteriye özel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmalarını sınırlamaktadır. Artan işgücü maliyeti ve gelişmekte olan ülkelerle kızışan rekabet birçok şirketi verimliliği arttırmak için endüstriyel robot kullanımına yönlendirmektedir. Endüstriyel robotlar sanayinin her alanında ve üretimin her aşamasında kullanılabilir hale gelmiştir. Otomotiv sektöründe montaj, boya, kaynak, kalite kontrol aşamalarında; elektronik sanayinde montaj, kalite kontrol, boya, nakliye, paketleme; gıda sanayinde üretim, paketleme, nakliye, etiketleme gibi çok çeşitli Değişen çevre koşulları ve bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler otomotiv sektöründe şiddetli bir rekabete yol açmıştır. Bu değişim otomotiv firmalarının ve lider otomotiv üreticisi ülkelerin faaliyetlerini gözden geçirmesine ve radikal kararlar almasına neden olmuştur. Türkiye otomotiv endüstrisi de bu değişimden etkilenmekte ve gelişmektedir.

Ekonomik büyüklüğü itibariyle dünyada 17'nci sırada yer alan Türkiye, ekonomik büyüklüğüne paralel olarak otomotiv üretimi açısından dünya genelinde 14'üncü sırada yer alarak yükselen bir

ivme yakalamıştır. Türkiye’de üretilen otomotiv ürünlerinin %77’sinin ihraç edildiği gerçeğinden hareketle, kalan %23’lük üretimin iç pazara yetmediği görülmektedir. Nitekim, otomotiv üretimindeki başarıya rağmen otomotiv pazarındaki satışların büyük çoğunluğu ithalat ile karşılanmaktadır [6].

Türkiye, günümüzde Avrupa’nın hafif araç üretiminin yaklaşık olarak %8’ini ve küresel otomotiv üretimin %1,7’sini gerçekleştirmektedir. Ülkemiz elektronik ve beyaz eşya sektörlerindeki başarısına benzer biçimde önemli bir bölgesel araç üretim merkezi kurarak, araç üretiminde uzun vadede bir artış yaşayabilir. Bu çerçevede, elektrikli araçların üretiminin ve satışının artması, bölgesinde zaten önemli bir otomotiv üretim merkezi olan ülkemiz açısından yüksek teknoloji mamül üretimimizin artırılması, enerji kaynaklı dış ticaret açığımızın azaltılması ve sürdürülebilir bir ekonomiye sahip olabilmemiz açısından önemli bir fırsat olarak görünmektedir [7].

Son yıllarda otomotiv elektroniğinin araç maliyeti içerisindeki payının hızla arttığı görülmektedir. 2030’a gelindiğinde araçların içerisindeki elektronik aksam oranının %50’ye ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, güç elektroniği ve elektronik sektörünün otomotiv uygulamalarında ciddi fırsatlar oluşturacaktır. Otomotiv sanayinde yaşanan teknolojik değişim ve dönüşüm ile birlikte tedarik sanayimizin karşısına yeni fırsatlar çıkmaktadır.

Dünya genelinde birçok gelişmiş ülke önümüzdeki yıllarda dizel yakıtlı araçların üretimini ve satışını durduracağını açıklamıştır. 2030 yılında toplam hafif araç satışının %20’sinin, 2040 yılında da yaklaşık % 50’sinin elektrikli olacağı öngörülmektedir. 1960 yılında araç maliyeti üzerindeki etkisi %1 dolaylarında olan otomotiv elektroniği, otomotiv teknolojisinin gelişimiyle birlikte, günümüzde araç maliyeti üzerinde %30-35 etkiye sahiptir. Yeni teknolojiler ve değişen müşteri beklentileri ile elektroniğin araç maliyeti içindeki ağırlığının daha da artması ve önümüzdeki 20 yıl içerisinde % 50-70 mertebelerine ulaşması öngörülmektedir.

Çevreye yönelik artan duyarlılık, taşıtlardan kaynaklanan emisyonların sınırlandırılmasına yönelik yasal yaptırımlar ve elektrikli-hibrit araçların gelişimi, araç hafifleştirme çalışmalarına hız verilmesine neden olmakta ve henüz maliyet dezavantajı olsa da yeni nesil malzeme (Kompozit, karbon fiber, magnezyum-alüminyum alaşım) kullanımını teşvik etmektedir [11].

Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü Beklentileri

Endüstri 4.0, birbirleriyle haberleşen, sensörlerle ortamı algılayabilen ve veri analizi yaparak ihtiyaçları fark edebilen robotlarla üretimi devralıp; daha kaliteli, daha ucuz, daha hızlı ve daha az israf yapan bir üretim yapmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, Endüstri 4.0, modüler yapıları akıllı fabrikalarda siber fiziksel sistemler ile fiziksel işlemleri izleyerek nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişime geçmesine izin verir ve bunun sonucu olarak merkezi olmayan işbirlikçi kararların verilmesini sağlar. Günümüzdeki rekabet ortamında işletmelerin varlıklarını koruyabilmeleri ve sürdürebilmeleri için Endüstri 4.0'ı organizasyonlarına uygulaması kaçınılmaz olmuştur. "IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0" olarak adlandırılan bu yeni süreçle birlikte üretimin her safhasında dijitalleşmenin gerçekleşerek pazar ihtiyaçlarının daha hızlı, esnek ve verimli bir şekilde karşılanması mümkün olabilmektedir. Üretim sistemlerindeki söz konusu bu değişimden en çok etkilenecek sanayilerden biri de şüphesiz otomotivdir. [1, 10].

I. Sanayi Devrimi (1760-1830): Sanayileşmenin başlangıcı olarak da kabul edilen söz konusu ilk devrim, su ve buhar enerjili makinelerin üretimde kullanılmaya başlandığı 18. yüzyılın ikinci yarısına rastlamaktadır.

II. Sanayi Devrimi (1840-1973): Teknoloji Devrimi 5 olarak da nitelendirilen II. Sanayi Devrimi aralığında; hammadde ve enerji kaynağında değişiklikler yaşanmıştır. İlk dönemde oldukça popüler olan buhar, kömür ve demirin yanı sıra üretimde çelik, petrol ve kimyasal maddelerle beraber elektrik de kullanılmaya başlanmıştır.

III. Sanayi Devrimi (1974-2011): 20. yüzyılın ikinci yarısında tüketici tercihlerinde değişimlerin meydana gelmesiyle tek tip üretimin yapıldığı Fordizm yerini yavaş yavaş terk etmeye başlamıştır. Bilgi, iletişim ve elektronik teknolojileri ile beraber Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)'ler geliştirilmiş olup üretimde otomasyon sistemlerinin ileri gelişimi sağlanmış ve nihayetinde tüketici tercihlerinin ön planda olduğu üretim şekli sağlanabilmiştir [1].

IV. Sanayi Devrimi, sanayide, genel olarak makinelerin insan gücüne gerek kalmaksızın kendilerini ve üretim süreçlerini yönetmeye başlamalarıyla ortaya çıkmıştır. Makineler bu üst düzey ve güncel yapılarını; bilgisayar, iletişim ve internet teknolojilerinin harmanlanmasıyla ortaya çıkan karma teknolojiye borçludurlar. “Nesnelerin İnterneti” kavramıyla anılan bu ileri düzeyde gelişmiş yapı, nerdeyse üretim gerçekleştiren bir fabrikanın kendi kendini yönetebilmesine kadar uzanmıştır.

Şekil 1: Endüstri 4.0 Bileşenleri ve Gelecek Üretim Beklentileri [23].



Endüstri 4.0'la birlikte adından söz ettiren on teknoloji faktörünün sanayinin geleceğini şekillendirmesi beklenmektedir. Bu faktörler şu şekilde belirtilebilir;

- Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar,
- Nesnelerin İnterneti,
- Büyük Veri,
- Otonom Robotlar,
- Simülasyon,
- Sistem Entegrasyonu,
- Bulut Bilişim Sistemi,
- Arttırılmış Gerçeklik,
- Akıllı Fabrikalar,
- Siber Fiziksel Sistemler
- Siber güvenlik

Belirtilen faktörler arasında özellikle bulut bilişim, siber güvenlik, büyük veri teknolojilerinin otomotiv endüstrisinde kilit rol oynaması beklenilmektedir [23].

Ülkemizde Otomotiv Sektörü

Türkiye otomotiv pazarı tarih boyunca oldukça dinamik bir görünüm sergilemiştir. Türkiye’de otomobilin zaman içinde erişilebilir hale gelmesi, her ne kadar üst statü algısını zayıflatacağı düşünülse de otomotiv endüstrisinin dijitalleşme, yakıt verimliliği, emisyon salınımı, emniyet ve tasarım gibi birçok alanda, tüketici talebine yönelik, yeni hedefler ortaya koyması günümüzde de arzulanan nesne konumunu sağlamlaştırmıştır. 2016 yılı itibarıyla Türkiye araç parkı 16 milyon adedi geçmiştir. Son 30 yılda araç parkının tarihsel yıllık büyüme hızı %7,8 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Otomotiv sektörü üretimde bulunduğu ekonomiye yüksek katma değer sağlayan, teknolojik gelişmeleri hızlandıran, ihracat kanalıyla döviz geliri kazandıran, müşterisi olduğu birçok sektörün gelişimine katkıda bulunan, tedarik sağladığı inşaat ve turizm gibi imalat sanayiini destekleyen sektörlerle savunma, ulaştırma ve altyapı gibi stratejik alanları geliştiren, lokomotif niteliğinde sektörler arasında yer almaktadır. Tablo 1’de otomotiv sanayii

firmalarının 2018 yılı üretim kapasiteleri, Tablo 2’de ise firmaların 2013-2017 yılları arasındaki üretim miktarları ve çalışan personel sayıları görülmektedir.

Tablo 1: Otomotiv Sanayii Firmalarının 2018 Yılı Üretim Kapasiteleri [24]

FİRMALAR Firms	OTOMOBİL P.Car	KAMYON Truck	KAMYONET Pick Up	OTOBÜS Bus	MINİBÜS Mini-Bus	MİDİBÜS Midi-Bus	TRAKTÖR F. Tractor	TOPLAM Total
A. ISUZU	0	8.000	7.300	1.152	0	2.560	0	19.012
FORD OTOSAN	30.000	15.000	366.000	0	44.000	0	0	455.000
HATTAT TRAKTÖR	0	0	0	0	0	0	25.000	25.000
HONDA TÜRKİYE	50.000	0	0	0	0	0	0	50.000
HYUNDAI ASSAN	245.000	0	0	0	0	0	0	245.000
KARSAN	0	0	40.500	2.025	7.000	2.700	0	52.225
M.A.N. TÜRKİYE	0	0	0	2.400	0	0	0	2.400
M. BENZ TÜRK	0	17.500	0	4.500	0	0	0	22.000
OTOKAR	0	0	5.300	1.000	1.500	2.500	0	10.300
O. RENAULT	375.000	0	0	0	0	0	0	375.000
TEMSA	0	6.000	0	2.500	0	2.000	0	10.500
TOFAŞ	240.000	0	210.000	0	0	0	0	450.000
TOYOTA	280.000	0	0	0	0	0	0	280.000
T. TRAKTÖR	0	0	0	0	0	0	50.000	50.000
TOPLAM/Total	1.220.000	46.500	629.100	13.577	52.500	9.760	75.000	2.046.437

Tablo 2: Otomotiv Sektörü Üretim Miktarları Ve Çalışan Personel Sayıları [24]

Firms/Models	2013	2014	2015	2016	2017
YILLIK ÜRETİM ADEDİ	1.166.043	1.218.848	1.410.034	1.536.673	1.749.572
ÇALIŞAN PERSONEL	42.330	43.683	48.748	53.377	54.595

Araçlarda Haberleşme Sistemleri

Günümüz teknolojisinde araçlarındaki yardımcı sistemler elektronik bir beyin (E.C.U- *Electronic Control Units*) ile haberleşme yapan birçok yazılım ve ağ sistemi ile çalışmaktadır. Şekil 2’de araç haberleşme sistemleri görülmektedir.

Şasi Üzerindeki Haberleşmeler

Emniyetli bir sürüş için taşıt dinamiği önem arz etmektedir. Araç Dinamiği Kontrolü (VDC),ESP (Elektronik Stabilite Programı) olarak bilinir. VDC / ESP, sürücüye aşırı hızda, virajlarda yardımcı olmak için dizayn edilmiştir. Anti-Lock Fren Sistemi (ABS), frenleme esnasında tekerleklerin kızıklama yapmadan frenleme yapmalarını sağlayarak sürüş emniyeti sağlar. Anti patinaj uyarı sistemi (ASR) ani kalkış ve gaza yüklenmelerde tekerleklerin

patinaj yapmasını önleyerek sürüş emniyetini artırır. Düşük lastik hava basıncı uyarı sistemi, balata değişim uyarı sistemi, açık kapı uyarı sistemi, uzaktan kilitleme ve açma, gibi ikaz ve uyarı sistemleri mevcuttur. Yokuş kalkış desteği (*hill-holder*) sayesinde otomatik veya manuel vitesli araçlarda yokuşta dur-kalk esnasında araçların geri kaçışını engelleyerek sürücü tecrübesizliklerinden kaynaklanan hataları bertaraf eder.

Şekil 2: Araç Haberleşme Sistemleri [21]



Hava Yastıkları (Airbag) ve Ön Gerilmeli Emniyet Kemerleri

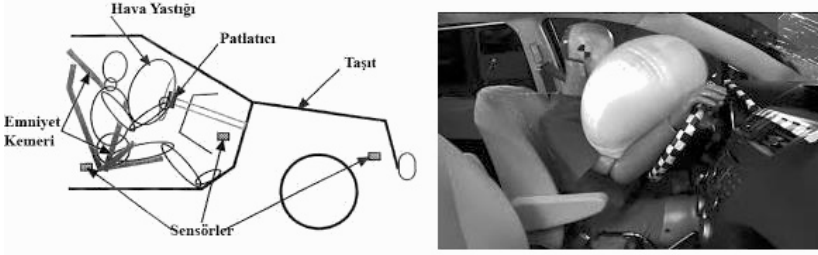
Taşıtın seyir halinde iken herhangi bir çarpma esnasında çarpmanın şiddetine bağlı olarak hava yastıkları açılırken aktif gerilmeli emniyet kemerleri de sürücüyü koltuğa doğru asılarak sürücü ya da yolcuların çarpma etkisiyle kendilerine zarar vermeleri önlenmiş olunur.

Şekil 3'te hava yastığı ve ön gerilmeli emniyet kemeri fonksiyonlarının şematik resmi ile çarpışma testlerinde sürücü mankeninin hava yastığı şişmesindeki pozisyonu görülmektedir.

Eğer sürücü emniyet kemerini bağlamaz ise hava yastıkları açılmaz. Birbiri ile koordineli şekilde haberleşerek çalışan hava yastıkları ve emniyet kemerlerinin herhangi bir çarpışma anında aktif pozisyona:

- 0 milisaniye : İlk temasın başlangıcı
- 30 milisaniye : Hava yastığı şişmeye başlamak için hazır
- 30–54 milisaniye : Hava yastığı aktif hâle geçer ve kademeli olarak şişmeye başlar.
- 54 milisaniye : Sürücünün kafası ile hava yastığının ilk teması gerçekleşir.
- 54–58 milisaniye : Sürücünün vücudu hava yastığı üzerinde basınç yapar, şişme işlemi hızlanır.
- 84 milisaniye : Hava yastığı tamamen şişmiş olarak geçer [22].

Şekil 3: Ön Gerilmeli Emniyet Kemerini ve Hava Yastığı (Airbag)



Motor

Araç motor momenti güç aktarma organları aracılığı ile tekerleklere iletim süreci içerisinde motor ile taşıt beyni (ECU) iletişime geçer. Yakıt miktarı, hava debisi, yanma sonu oksijen kontrolü, Eksoz gazlarının resirkülasyonu (EGR), gaz pedalı pozisyonu, avans, krank-eksantrik mili eşleşmeleri, supapların açık kalma zamanları, hava, yağ sıcaklıkları, yol şartları vb. gibi bir çok parametrik değerler irdelenerek taşıtın ihtiyacı olan tork ve güç en optimum şartlarda sağlanır.

- İleriki yıllarda dijital ve elektronik sistemlerin otomobiller üzerindeki uygulamalarını daha sıkça göreceği,
- Otomobil teknolojisi uygulamaları ülkelerin bilgi teknolojileri yansımaları olarak karşımıza çıkacağı,
- Küresel rekabette otomotiv teknolojilerinin söz sahibi olacağı,
- Otomotiv üretiminde daha çok robotik sistemlerden faydalanılacağı,
- Üç boyutlu tasarım ve üretim teknolojileri yaygınlaşacağı,
- Tüketici istekleri çerçevesinde bireysel araç üretiminin mümkün olacağı, düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Gabaçlı, N. & Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. in *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)* (No. 3).
- [2] Tuncay, R. N. & Üstün, Ö.(2005) Otomotiv Elektroniğindeki Gelişmeler. *Çağrılı Bildiri, IX. Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu*, Bursa, 27-28.
- [3] Murugesan, V. M., Chandramohan, G., Senthil Kumar, M., Rudramoorthy, R., Ashok Kumar, L., Suresh Kumar, R., ... & Vishnu Murthy, K. (2012). A novel approach to develop ecu based automobile starting system using lab view for safe and reliable start. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7(7): 867-879.
- [4] Teker, E. Felekoğlu, B. (2007).Dünya Otomotiv Endüstrisinde Küresel Gelişmeler ve Bu Gelişmelerin Türk Otomotiv Endüstrisi Üzerindeki Etkileri. *Mühendis ve Makina*, 48(568): 26-30
- [5] Tuncay, R. N., O. Üstün, M. Yılmaz, C. Gokce, U. Karakaya. (2011, September). Design and implementation of an electric drive system for in-wheel motor electric vehicle applications. In *Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), 2011 IEEE* (pp. 1-6).
- [6] Yılmaz, S., K. Taştan, N. Ecek & E. Çınar. (2017). Otomotiv Sektörünün Dünya'daki ve Türkiye'deki Değişimi. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7(3): 685-695.
- [7] Ustabaş, A. & Simav, O. (2018). Otomotiv Endüstrisindeki Dönüşüm ve Türkiye. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 211-231.

- [8] Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 43-57.
- [9] Arslan, Ü. Ç. (2017). Sanayi Devrimi: Sonuçları ve Uluslararası Sisteme Yansımaları. https://www.academia.edu/35814711/Sanayi_Devrimi_Sonu%C3%A7lar%C4%B1_ve_Uluslararası_Sisteme_Yans%C4%B1malar%C4%B1
- [10] Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2): 546-556.
- [11] <https://www.taysad.org.tr/uploads/dosyalar/27-06-2018-11-53-ZirveKitapcigi.pdf>
- [12] Navet, N., Simonot-Lion, F. (2005). *Trends in Automotive Communication Systems*, Proceedings of the IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, , Special issue on Industrial Communications Systems, 93 (6), pp.1204-1223.
- [13] Sauerwald, M. (2014). CAN Bus, Ethernet or FPD-Link: Which is best for automotive communications. *Analog Applications Journal*, 20-22.
- [14] Armengaud, E., Steininger, A., & Horauer, M. (2008). Towards a systematic test for embedded automotive communication systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 4(3): 146-155.
- [15] Wolf, M., Weimerskirch, A., & Paar, C. (2004, November). Security in automotive bus systems. In *Workshop on Embedded Security in Cars*.
- [16] Sangiovanni-Vincentelli, A., & Di Natale, M. (2007). Embedded system design for automotive applications. *Computer*, 40(10).
- [17] Xie, G., Zeng, G., Liu, Y., Zhou, J., Li, R., & Li, K. (2018). Fast Functional Safety Verification for Distributed Automotive Applications During Early Design Phase. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(5), 4378-4391.
- [18] Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7): 55-77.
- [19] Schöner, H. P. (2002). "Automotive Mechatronics", IFAC Mechatronics Systems Conference, Berkeley, California, USA.
- [20] Nolte, T., Hansson, H., & Bello, L. L. (2005, September). Automotive communications-past, current and future. in 2005 *IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation* (Vol. 1, pp. 8-pp).
- [21] <https://www.searchautoparts.com/motorage/electrical/securing-connected-car>

- [22] <https://renaultr.wordpress.com/2011/02/12/hava-yastigi-airbag-nedir-nasil-acilir-calisma-sekli/>
- [23] http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_26908939.pdf
- [24] http://www.osd.org.tr/sites/1/upload/files/2018_YILLIK-3299.pdf