


Dijitalleşmenin Sektörel Etkileri: Formula 1 Örneği

Furkan URGANOĞLU¹ Nezahat KOÇYİĞİT²

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, Konya, Türkiye, furkan.urganoglu1@gmail.com,  <https://orcid.org/0009-0000-9452-7097>

² Doç.Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, Konya, Türkiye, nkocyigit@erbakan.edu.tr,  <https://orcid.org/0000-0003-3332-3642>

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 13.10.2023

Kabul: 25.12.2023

Yayın: 31.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Dijitalleşme,
Spor Sektörü,
Simülasyon,
F1 Simülator,
Sürdürülebilirlik.

Dijitalleşme dünya üzerindeki hemen her sektörü etkilediği gibi spor sektörünü de önemli ölçüde etkilemiştir. Bu makalede, dijitalleşmenin spor sektöründe Formula 1'in geleceğini nasıl şekillendirdiği incelenmiştir. Bu saikle ilgili literatür taranmış, Nisan Mayıs 2023 tarihleri arasında, bugüne değin Motorsports TR, Youtube gibi kaynaklarda çıkan haberler incelenmiş, ilgili sorulara yanıtlar aranarak çıkarımlarda bulunulmuştur. Dijitalleşme ile Formula 1'de kullanılan simülatorler kısaca; gerçek yarış araçlarının ve pistlerin bilgisayar ortamına detaylı bir şekilde aktarılması olarak tanımlanabilir. Bu simülatorler aracılığıyla takımlar, pilotlar ve mühendisler gerçek yarış koşullarına en yakın şekilde antrenman yapabilmekte, daha önce hiç bulunmadıkları pistlere simülatorler ile adapte olabilmekte, araç özelliklerini, performansını ve yarış stratejilerini test edebilmektedirler. Böylece takımlar günümüzde kısıtlı olan gerçek araç testleri ile elde edemedikleri verileri kolaylıkla elde edebilmekte ve analizler yapabilmektedirler. Ayrıca takımlar elde ettikleri verileri yarış anındaki veriler ile karşılaştırabilmekte ve bu verilere göre anlık karar alıp, hataların en aza indirilmesine katkı sağlamaktadırlar. Simülatorler maliyetleri azaltma, sürdürülebilirlik yanında yeni yeteneklerin keşfi ve eğitimi konusunda da avantajlar sağlamaktadır. Elbette dijitalleşmenin Formula 1'e kazandırdığı tek şey simülatorler değildir. Bunun yanında veri analitiği, yapay zekâ aracılığı ile strateji geliştirme ve bulut bilişim teknolojilerinin katkısı ile takımların veri toplama ve analiz süreçlerini hızlandırmakta ve geliştirmektedirler. Sonuç olarak Formula 1'in dijitalleşmesi ve simülatorlerin sektöre dahil olması ile önemli bir dönüşüm yaşanmıştır. Ortaya çıkan bu teknolojiler pilotlar ve mühendislere araç, pist ve strateji gibi konularda yardımcı bir işlev görürken, takımlar açısından da maliyetlerin azaltılması, sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda önemli etkileri olmaktadır.

Sectorial Impacts of Digitalization: The Case of Formula 1

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 13.10.2023

Accepted: 25.12.2023

Published: 31.12.2023

Keywords:

Digitalization,
Sport Sector,
Simulation,
F1 Simulator,
Sustainability.

As digitalization has affected almost every sector in the world, it has also significantly affected the sports industry. This article examined how digitalization are shaping the future of Formula 1. With this aim, the literature was scanned, between April and May 2023, the news published in sources such as Motorsports TR and Youtube until today were examined, and inferences were made by seeking answers to the relevant questions. With digitalization, The simulators used in Formula 1 can be briefly defined as the detailed transfer of real racing cars and tracks to the computer environment. Through these simulators, teams, pilots and engineers can train in the closest way to real racing conditions, adapt to tracks they have never been to before, test vehicle characteristics and performance, test racing strategies, and thus teams can easily obtain and analyze data that they cannot obtain with real vehicle tests, which are limited today. In addition, teams can compare the data they obtain with the data at the time of the race and make instant decisions based on this data, contributing to minimizing errors. Simulators provide advantages in reducing costs and sustainability, as well as in the discovery and training of new talents. Of course, simulators are not the only thing that digitalization brings to Formula 1, but also data analytics, strategy development through artificial intelligence and the contribution of cloud computing technologies accelerate and improve the data collection and analysis processes of teams. In conclusion, with the digitalization of Formula 1 and the introduction of simulators, the industry has experienced a significant transformation. While these emerging technologies serve as an important aid to pilots and engineers in matters such as vehicle, track and strategy, they also have a significant impact on reducing costs and ensuring sustainability for teams.

Atıf/Citation: Urganoglu, F. & Koçyigit, N. (2023). Dijitalleşmenin sektörel etkileri formula 1 örneği. *Five Zero*, 3(2), 328-340. <https://doi.org/10.54486/fivezero.2023.31>



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Formula 1, dünya genelinde oldukça popüler, mühendislik, hız ve stratejilerin son derece önemli ve hepsinin birbiri ile yakından bağlantılı olduğu prestiji yüksek bir motor sporudur. Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme hemen her sektörü etkilediği gibi Formula 1'i de etkilemiş ve büyük ölçüde dönüşüm yaşatmıştır.

Bu dönüşüm sonucunda ortaya çıkan simülasyonlar Formula 1 sektöründe kritik bir rol oynamaktadır. Simülasyonlar özel platformlar üzerine inşa edilen özel yazılım ve bilgisayar sistemlerinin harmanlanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Gerçek yarış araçlarının fiziksel özelliklerinin bu sistemlere aktarılması ile yarış pistlerinin, stratejilerin ve verilerin elde edilmesinin yanında pilotlara da daha önce bulunmadıkları veya bulunsalar dahi rahat edemedikleri pistler üzerinde antrenman yapıp kendilerini geliştirmelerini sağlamaktadır. Günümüzde gerçek araç testlerinin süresinin önceki dönemlere göre kısıtlı olmasından dolayı bu simülasyonlar çok daha büyük önem kazanmaktadır.

Yarış sırasında takımlar, simülasyonlar aracılığı ile elde edilen verileri gerçek zamanlı verilerle karşılaştırıp analiz edebilmekte ve anlık kararlar alabilmektedirler. Bu, takımların performansını artırırken, hata yapma riskini ise azaltmaktadır.

Araçlar için üretilmesi düşünülen parçalar öncelikle simülasyon ortamına entegre edilmekte, buradan elde edilen veriler eğer beklenen performanstan düşük ise bu parçaların üretimine hiç başlanmamakta, bu da maliyet açısından takımlara oldukça büyük katkı sağlamaktadır. Bunun yanında sürdürülebilirlik, zaman ve yakıttan tasarruf gibi daha pek çok katkısı vardır.

Ancak, dijitalleşmenin Formula 1'e etkisi sadece simülasyonlarla sınırlı değildir. Veri analitiği, yapay zekâ, bulut bilişim gibi teknolojik gelişmeler, veri toplama, analiz ve performans optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında bu makalede, dijitalleşmenin ve onun etkisi ile sektörde önemli bir rol oynayan teknolojik icatlardan olan Formula 1 simülasyonlarının sektöre olan etkileri üzerine araştırmalar yapılmıştır. "Simülasyonlar Formula 1'e nasıl etki etti? Gerçek araçlar ile simülasyonlar arasındaki farklar hangi boyutta?" gibi sorulara cevap aranmıştır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Dijitalleşme

Dijitalleşme tüm dünya üzerinde yaygınlaşan, insanların hayatlarını kolaylaştırmayı amaçlayan, işletmeleri ve hatta ülkeleri etkisi altına alan bir devrimdir. Dijitalleşmenin literatürde birçok tanımı mevcuttur. Dijitalleşme ya da diğer adı ile dijitalizasyon ileri seviye teknolojik uygulamaların kurum, endüstri ya da ülke çapında kullanılması ve yaygınlaşmasını sağlamaktır (Brennen ve Kreiss, 2016:556-566'dan akt. Bal, 2021:1-16). Dijitalleşme tek başına bilgisayarların ve teknolojik cihazların kullanılmasını değil, internet ve gelişmiş teknolojiden yararlanılarak insanlar ve kurumların hızlı ve etkin iletişim kurmalarının sağlanmasıdır (Yücel ve Adiloğlu, 2019).

Stolterman ve Fors (2004)'e göre, dijital teknolojinin her meslek alanında uygulanmasıdır. Liu ve diğerlerine (2011) göre dijitalleşme, dijital ekonomide dijital teknolojileri ve iş süreçlerini entegre eden kurumsal bir dönüşümdür. Piccinini ve arkadaşları (2015) dijitalleşmeyi maddi getiri elde etmeyi amaçlayarak yeni dijital teknolojilerin kullanılması ile kurumsal olarak değişim sağlanması olarak tanımlamaktadır. Dijitalleşme tüketici veya kullanıcıların taleplerini daha çabuk ve kaliteli bir şekilde yerine getirmek amacı ile teknoloji ve iş süreçlerinin yeniden organize edilmesidir (Schuchmann ve Seufert, 2015). Hem performans hem de rekabet avantajı elde etmek amacı ile teknolojinin kurumlara entegrasyonudur (Mariam H. vd., 2018).

Genel olarak bakıldığında "dijitalleşme" ile ilgili yapılan tanımlamaların ortak noktası; her alanı etkilemesi, işletmelerde, iş süreçlerinde, müşteri ile olan ilişkilerde, çalışanların verimliliğinde ve işletme

kültüründe değişiklikler meydana getirmesidir (Bal, 2021). Bu etkiyi sağlayabilmesinin temel nedeni ise, ileri seviye teknolojilerin kullanılması, bu teknolojilerin işletmenin hemen her sürecine entegre edilmesi ile üretimde verimlilik, müşteriler ile anlık ve direkt iletişim kurulması, iş süreçlerinin mekân ve zaman fark etmeksizin yönetilmesidir.

Dijitalleşmenin Gelişimi

Kuruluşlarda teknolojinin gelişmesine bağlı olarak kişisel bilgisayar evresi, internet evresi, sosyal medya evresi ve nesnelerin interneti evresi şeklinde dört ayrı dijitalleşme aşaması bulunmaktadır. Her bir evre önceki evrelerin kullandığı teknolojileri geliştirerek kullanmaya devam etmektedir (Klein, 2019).

İşletmelerde ilk olarak yetmişli yıllarda kullanılmaya başlanan bilgisayarlar dönemi dijitalleşmenin ilk evresi ve aynı zamanda Üçüncü Endüstri Devrimi'nin başlangıcı olarak kabul edilmektedir. Bu ilk evre, işletmelerde internet kullanımının başlamasına kadar geçen süreyi kapsamaktadır. İlk evrede veriler sayısallaştırılıp bilgisayarlara kopyalanmış, ilk kez süreç otomasyonu kullanılmıştır (Savić, 2020).

İnternetin 90'lı yıllarda kullanılmaya başlanması ile ikinci dijitalleşme aşaması da ortaya çıkmıştır. Intranet ve elektronik posta kavramları bu dönemde ortaya çıkmıştır ve işletmenin hem iç hem de dış dünya ile olan iletişiminin kolaylaştırılmasını sağlamıştır. Yaşanan bu gelişmeler ve dijitalleşmenin etkisi ile çalışanlar verilere iş yerine bağlı kalmadan erişebildikleri için bir bakıma remote (uzaktan) çalışmanın temelleri atılmıştır. Aynı zamanda e-ticaret sistemleri de bu dönemde geliştirilmeye başlanmış ve işletmelerin büyümesine katkı sağlamıştır (Wigand, 1997).

Dijitalleşmede üçüncü aşama web 2.0 ve mobil cihazların kullanımı ile başlamıştır. İnsanların aktif veya interaktif içerik üretip paylaşmaya başladıkları bu dönem kimi araştırmacılar tarafından sosyal medya evresi olarak da tanımlanmaktadır (Liang ve Turban, 2011). Bu evrede sosyal medya ve web 2.0'in etkisi ile müşteri ve kullanıcılar işletmelerdeki süreçlere dahil olmaya başlamış ve dijital mağazalar, tüketici blogları vb. bu süreçte ortaya çıkmıştır (Klein, 2019). Müşteri ve kullanıcıların talep ve beklentilerini karşılayabilmek adına uğraş gösterilen çalışma ve araştırmalar sonucunda internet aracılığı ile nesnelere arası iletişim ve bağlantı kurulmuştur (Lu, 2017).

Nesnelerin interneti, yapay zekâ vb. teknolojilerin kullanıldığı evre ise Dördüncü Endüstri Devrimi ya da Endüstri 4.0 olarak tanımlanmaktadır. Bu evrede sensörler toplumsal hayata girmekte, ağ teknolojileri ile hemen hemen her sektöre entegre edilen bu sensörler sayesinde nesnelere arası iletişim ve nesnelerin anlık olarak izlenebilmesi sağlanmıştır. Bu sistemlere de "siber fiziksel sistemler" adı verilmiştir (Burmeister vd., 2016).

Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 olarak bilinen kavram; dijitalleşme ile beraber gelişen yazılım ve bilişim teknolojilerinin entegre ve birbirine bağlı bir şekilde çalışması (Schuh vd., 2014), işletmelerin yeni ürün ve tasarımlarında müşterilerin talep ve beklentilerini değerlendirip bu doğrultuda iş süreçlerini şekillendirmesi ve bu akıllı sistemlerin kullanılması ile beraber merkezi üretimden esnek üretime geçişin sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Pisching vd. (2015)'ne göre dijitalleşmenin amacı; üretim sürecinde maliyet kontrolü, hataların önlenmesi, birbirleri ile entegre bir şekilde çalışan akıllı sistemler oluşturmak ve şirket performansını özellikle üretim performansı konusunda geliştirmektir. (Giannetti ve Ransing, 2016).

Endüstri 4.0, diğer adları ile "4. Sanayi Devrimi", "4. Endüstri Devrimi" ilk defa Almanya'nın Hannover şehrinde, 2011 yılında ortaya atılmıştır. O günün şartlarında Çin'in dünya piyasasında global çapta önde gelen ülke olması ve başta Avrupa ülkeleri olmak üzere dünyanın geri kalanını olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Bu dönemde finans alanında ortaya çıkan hız, güvenlik ve kolay erişimin etkisi ile global sermayenin büyük çoğunluğunun iş gücünün daha düşük maliyetlerle karşılandığı

ülkelere gittiği görülmüştür (Emara ve Kasa, 2021). Uzak doğu ülkeleri de tüm bu şartları içerisinde barındırdığı için bu alanda ön plana çıkmışlardır. Dolayısı ile Almanya bu konu ile alakalı yeni teknolojilerin üretilmesi fikrini ortaya atmış ve Endüstri 4.0 devriminin başlamasına öncü olmuştur (Ayyagari ve Beck, 2015).

Endüstri 4.0'ın ortaya atılmasındaki temel amaç, internet bağlantısının katkısı ile nesnelere arası (makine, sistem vb.) iletişim kurmak ve buradan hareketle otonom sistemlerin geliştirilip, inovatif modeller üreterek hataları azaltmaktır (Tutar, 2019).

Endüstri 4.0 hem kalkınma ve sosyal refahın yükseltilmesi için hem de hız, esneklik, zaman tasarrufu, sürdürülebilirlik ve maliyet oranındaki azalmalara katkısı açısından işletmelere birçok alanda avantaj sağlamıştır (Lasi vd., 2014).

Endüstri 4.0'ın Temel Unsurları

Konu ile alakalı kavram haritası çok geniş olup, uzlaşmaya varılan ortak bir tanım bulunmamakta fakat her tanımda diğerleri ile ortak bir kesişim kümesi bulunmaktadır. Dolayısı ile tanımlar bu çalışmada yer alanlar ile sınırlı değildir. Endüstri 4.0'ın temel unsurları şunlardır:

Siber Fiziksel Sistemler

Cihazlara entegre edilen sensör, mikro işlemcilerin katkısı ile fiziki nesnelere hareketlerinin internet aracılığı ile dijital ortama aktarıldığı akıllı elektronik sistemlere verilen genel addir (Alçın, 2016).

Yapay Zekâ

İş süreci, üretim süreci vb. çeşitli aşamalarda ve durumlarda olası insan davranışı nedeni ile ortaya çıkabilecek karar hatalarının önlenmesi, yapılacak işlemler için standardizasyon ortaya koyulması gibi durumlarda kullanılabilir, rasyonel karar verebilen, fiziksel cihazların öğrenebilme, daha önceden elde edilip depolanan bilgilerden yararlanabilme, düşünüp karar verebilme yeteneğine sahip olmasını sağlayan teknolojik yazılımlardır (Malik vd., 2018).

Bulut Bilişim

Bulut bilişim, yönetim çabasının minimize olması ya da hizmet sağlayıcı entegrasyonu ile anlık bir şekilde sağlanabilen, yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının (ağlar, sunucular, veri tabanları vb.) paylaşılan bir kümenin isteğe bağlı ağ erişimi ile sağlanmasını kapsayan bir modeldir (<https://www.nist.gov/>, 2022).

Sistem Entegrasyonu

Fiziksel sistemlerin sanal ortama aktarılmasının sağlanmasını ifade eden kavramdır. Bunun da etkisi ile bu sistemler fiziki olarak var olmanın yanında, sanal ortamda da bir kopyası elde edilmiş olmaktadır (Tofan vd., 2012). Bu bağlantı ile hem iş süreçleri daha hızlı hem de üretimin sorunsuz, hızlı ve verimli gerçekleşmesi sağlanabilmektedir (Davutoğlu vd., 2017).

Sanal Gerçeklik

Kullanıcılarda gerçeklik hissi yaşatabilen, sanal araçlar ile meydana getirilen ve kullanıcıların dinamik bir şekilde, sanki fiziki bir ortamda faaliyet gösteriyormuş hissiyatı ile karşılaşabildikleri, üç boyutlu sistemlerin kullanıldığı bir teknolojidir (Tüma vd., 2014).

Sporla Dijitalleşme

Dijitalleşme dünya üzerinde var olan hemen her sektörü ve toplumun da büyük bir kısmını etkilemiştir. Bu sektörlerin içerisinde spor sektörü de bulunmaktadır. Spor sektörü özellikle son yıllarda teknolojinin ilerlemesi ile çeşitli yenilikler ile karşılaşmıştır. Bunlara örnek olarak; futbolda VAR (Video Assistant Referee – Video Yardımcı Hakem) teknolojisi, gol çizgisi teknolojisi; motor sporları da dahil

olmak üzere çeşitli spor dallarında kullanılan simülasyon sistemleri örnek verilebilir.

Teknolojinin spor dallarında önemi, tanımına bağlı olarak her zaman büyük bir rol oynamıştır. Eğer teknoloji “belirli bir hedefe ulaşmak için kullanılan eylemlerde, neden-sonuç ilişkilerindeki belirsizliği azaltan bir tasarım” olarak belirlenirse (Rogers, 2003, 13), çoğu spor dalının varlığı için vazgeçilmez bir işlevi olan teknoloji, temel bir gereklilik olarak kabul edilebilmektedir (Loland, 2009). Teknolojinin rolü zaman içinde değişerek, performans artırma (Balmer vd., 2012; Foster vd., 2012; Haake, 2009; Stefani, 2012) ve sağlık-güvenlik alanlarında (Beiderbeck vd., 2020; Bjerklie, 1993; Miah, 2006; Schlegel ve Hill, 2020; Waddington ve Smith, 2000) kurucu bir işlevden ayrılan bir faktöre dönüşmüştür.

Sporun yönetimi ve birçok spor dalında kurallara uyum, video destekli hakemlik (Tamir ve Bar-Eli, 2021), kriket veya teniste şahin gözü (Collins ve Evans, 2011), futbolda gol çizgisi teknolojisi (Winand ve Fergusson, 2018) veya anında tekrar (Vannatta, 2011) gibi icatlarla sürekli olarak geliştirilmektedir (Kolbinger ve Lames, 2017).

Teknolojinin spor üzerindeki etkisi tek yönlü bir ilişki değildir. Sporda da yeni zorluklar teknolojik ilerlemeleri tetiklemektedir. Örneğin, motor sporları, turbo şarj, dört tekerlekten çekiş veya çekiş kontrolü gibi bir dizi teknolojik yeniliği günlük araçlara kazandırmıştır (Siegel ve Morris, 2020).

Spor eğitimindeki tesis ve ortam eksikliğinin aşılması için Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), beden eğitiminde alternatif bir seçenek olarak düşünülmektedir. BİT kullanım yöntemleri arasında internet, simülasyon programları ve çeşitli yazılımlar yer almakta, bu da zaman ve mekân kısıtlamalarının üstesinden gelerek çeşitli deneyimler sunabilmektedir (Lee ve Kim, 2018). Sanal gerçeklik (Virtual Reality-VR), sınırlamaların üstesinden gelmek için etkileşimli bir ortam sağlayan sayısız dijital teknolojiden sadece biridir (Bideau, Kulpa, vd., 2010).

Bu etkenlerin dışında sporda simülasyon kavramı da ortaya çıkmıştır ve çoğu spor dalında kullanılmaktadır. Simülasyon kavramından bahsetmeden önce simülasyon kavramını açıklamak gerekmektedir.

Simülasyon; gerçek bir durumun hayal gücü ve teknoloji ile sanal ortamlarda veya fiziki olarak kurgulanması, analiz edilmesidir (Scurati vd., 2020). Buradan elde edilecek analiz sonuçları ise iş süreçlerine, sektörlerle ve alanlara göre değişiklik gösteren durumların tekrardan gözden geçirilip yeni bir sistematik üzerine oturtulmasına katkı sağlayabilmektedir. Spor sektöründeki simülasyon ise; sporunun aktif olarak maç esnasında veya diğer sporlardaki dövüş vb. aktiviteler sırasında karşılaşması ihtimal dahilinde olan etkenlerin bilgisayar sistemleriyle birlikte kopyalandığı bir süreçtir. Burada simülasyonu gerçekleştirebilmek için ilgili spor dalında önceki karşılaşmalar ve müsabakalardan veriler toparlanmalıdır. Amaç, ilgili spor takımının veya sadece bireysel olarak sporunun kendisinin elde etmesi, ulaşması beklenen durum için öngörülen etkenlerle karşılaşılması durumunda nasıl bir sonucun ortaya çıkacağını gözlemlemek ve buradan çıkacak sonuca göre de takımların yeni stratejiler oluşturmasını sağlamaktır (<https://www.encyclopedia.com>, 2023).

Bütün bunlardan hareketle spor sektörünün de dijitalleşmeden etkilendiği açık bir şekilde görülmektedir. Spor üzerine etkileri sadece simülasyonlarla veya diğer teknolojik gelişmelerle sınırlı değildir. Bunun yanı sıra sporcu sağlığı, takım ve markaların bilinirliğinin artması, üretilen içeriklerle gelir elde edilmesi gibi katkıları da vardır.

METODOLOJİ

Araştırmada dijitalleşmenin spor sektörüne olan etkileri ele alınmıştır. Bu nitel durum araştırması (Creswell, 2013) örneğini; Formula 1 ve bu sektördeki simülasyon kullanımı ve sağladığı faydalar oluşturmaktadır. Bu durum çalışması Formula 1 sektöründeki simülasyon kullanımını ve sağladığı faydaları detaylı bir şekilde açıklamayı amaçlamaktadır. Bu saikle ilgili literatür taranmış ve detaylı bilgi sağlanmaya çalışılmıştır. Veriler, Nisan Mayıs 2023 tarihleri arasında, bugüne değin Motorsports TR,

Youtube gibi kaynaklarda çıkan haberler incelenerek dokümanlar, görsel ve işitsel materyaller gibi çoklu kaynaklardan elde edilmeye çalışmıştır. Araştırma kapsamında oluşturulan ilgili sorulara yanıtlar aranarak çıkarımlarda bulunulmuştur. Araştırma soruları şöyledir:

1. Formula 1’de kullanılan simülasyon nedir? Ne işe yarar?
2. Bu simülasyonlar gerçek araçlarla kıyaslanabilir bir durumda mıdır? Bire bir aynı hissiyatı yaşatır mı? Elde edilen veriler gerçek hayatta gerçekten takımların işine yarayabilir mi?
3. DiL seanslarında elde edilen veriler ne kadar gerçekçi? Bunun için nasıl çalışmalar yapılıyor? Bu simülasyon ortamı nasıl bir yer?
4. Bu simülasyonlar neden bu kadar önemli ve bu simülasyonlara olan yaklaşımlar pistten piste değişiklik gösteriyor mu?
5. Takımlar veri elde etmek için simülasyonları nasıl kullanıyor?
6. Kullanılan bu simülasyonlarda her faktör simüle edilebilir mi?
7. Dijitalleşmenin ve kullanılan simülasyonların işletmeler ve sektörlerde maliyet ve sürdürülebilirliğe etkileri nelerdir?

BULGULAR

Spor dallarında simülasyon kullanımının önemi her geçen gün artmakta ve özellikle yarış kategorisinde kritik bir önem kazanmaktadır. Araştırmanın örneğini oluşturan Formula 1’de takımlar ürettiği araçları test edebilmek, elde edeceği performansı gözlemleyebilmek için çok kısıtlı bir zaman sahiptir. Bu test süreci günümüzde toplamda üç gün ve günlük maksimum sekiz saattir. Bu sekiz saatte de sadece bir araç kullanabilmektedir. Dolayısıyla ile takımlarda da ikişer pilot olduğu için günlük pilotların araç testi için harcayabilecekleri maksimum süre dört saattir. Dolayısıyla ile her bir pilot sezona başlamadan önce fiziksel olarak gerçek bir aracı on iki saat kullanabilmektedir (<https://tr.motorsport.com/>, 2023). Bu sürede takımların veri toparlayabilmesi, pilotların da araç hakkında bilgi sahibi olup kendilerini araç içerisinde rahat hissedebilmeleri pek mümkün olmamaktadır. Ayrıca yarış pistlerinin karakteristikleri ve yarış şartları birbirlerinden farklı olduğu için, bu testler de sadece bir pistte yapıldığı için takımlar diğer pist şartları hakkında bilgi sahibi olamamaktadır. Burada devreye “Simülasyon” kavramı girmektedir. Peki Formula 1’de kullanılan bu simülasyon nedir? Ne işe yarar?”

Formula 1 ve Simülasyon

F1’de riskler, normal yaşamda araç kullanmaya oranla çok daha yüksektir (Hislop vd., 2014). Dolayısıyla ile bazı testlerin gerçek araçlar üzerinde yapılmadan önce günümüzde teknolojinin de ilerlemesi ile sanal ortamlarda yapılması çok daha anlamlı ve daha az maliyetli/zahmetlidir.

Teknik açıdan simülasyonlar hem oyun hem de antrenman/egitim platformu olarak açıklanabilir, fakat her ne kadar sürüş simülasyonları bir oyun motoru üzerine inşa edilmiş olsalar da, F1 takımlarının kullandıkları simülasyonların amacı kesinlikle oyun değildir (Hislop vd., 2014).

Formula1 takımlarının bir Grand Prix (yarış) hafta sonuna hem kendilerini hem de sürücülerini hazırlayabilmek adına başvurdukları birden fazla simülasyon çeşidi vardır. Bunlardan başlıca ikisi çevrim içi sürücü ve bilgisayar simülasyonudur. Driver-in-loop (DiL) (Çevrim içi sürücü), araçların gelişimi, piste uygun şekilde aracın ayarlarının değiştirilmesi ve pilotların sanal ortamlarda ilgili pistte hem pisti tanımak hem de veri elde etmek amacı ile sürüş yaptıkları sanal test pistidir (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Fabrikalarda bu DiL simülasyonun gerçekleştirildiği özel tesisler mevcuttur ve temelde pilot eğitim simülasyonuna benzeyen simülasyonlar kullanılmaktadır (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Olağan bir DiL seansında hem takımın as pilotları hem de simülasyon sürücülerini yarış mesafesinden

çok daha fazla uzunlukta turlar atabilmekte, fakat aynı süreç içerisinde sayısız veri elde edebilmekte ve bunlar kayıt altına alınabilmektedir. Çünkü bu simülasyonlar tamamen sanal ortamlarda yapılabilmekte ve kaydedilebilmektedir (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Buradan elde edilen veriler ışığında hem takımların strateji ekipleri bilgilendirilip bu verilere göre strateji oluşturmaları sağlanabilmekte, hem de araç dinamiklerini geliştirmek üzere ilgili mühendislik ekibine rapor olarak verilebilmektedir. Bu simülasyonların değeri özellikle ilgili pistte daha önce hiç yarışmamış pilot veya takımlar açısından hayati önem taşımaktadır (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Bu simülasyonlar gerçek araçlarla kıyaslanabilir bir durumda mıdır? Bire bir aynı hissiyatı yaşatır mı? Elde edilen veriler gerçek hayatta gerçekten takımların işine yarayabilir mi?

F1 takımlarından olan Scuderia Ferrari, simülasyonun F1 araçlarını gerçek yarış ortamındaki test süreçlerini kısıtlayan kurallar ihlal etmeden geliştirmek ve sürücülerin yeni güncellemelerle aracın performansını test edebilmelerine olanak sağlayacağını belirtmektedir. Simülasyonun tasarım ekibinin başında bulunan ve aynı zamanda araç performansından sorumlu yönetici Marco Fainello bu konu ile alakalı “hiçbir sürüş simülasyonu gerçek araçlarda yaşanan hissiyatı sağlayamaz, fakat gerçeğe olabildiğince yakın hissiyatlar veren bu sistemler gerçek yarış aracının geliştirilmesi, pistlerdeki yol tutuşu ve araç üzerindeki kontrol mekanizmalarının etkileşimi konusunda yararlı veriler üretmesi oldukça mümkün” şeklinde bahsetmiştir (“Test run for F1 simulator”, 2009.)

Red Bull Racing’in mühendislik koordinatörü Andy Damerum ise geçmişte “Simülasyonlardaki araçlar tıpkı gerçek araçlar gibi hareket ediyor, frenleme esnasında gerçek yarış arabasındaki G kuvvetini hissedemezsiniz, ancak simülasyonda yine de oldukça hissedilebilir G kuvveti ve hareketler hissedilebilir, dolayısı ile bu simülasyonlar video oyunundan çok daha öte bir teknolojiye sahip. Pilotlar simülasyonu kullanmaya başlayıp bu hissiyatları aldığı anda tıpkı gerçek bir yarış arabası kullanıyormuş gibi adapte olabiliyorlar” şeklinde kendi kullandıkları simülasyondan bahsetmiştir (Doolittle, 2012).

DiL seanslarında elde edilen veriler ne kadar gerçekçi? Bunun için nasıl çalışmalar yapılıyor? Bu simülasyon ortamı nasıl bir yer?

Sürücüler genel olarak toplam 180 derecelik bir görüş açısı sağlayan video ekranlarının önünde, Formula 1 aracının kokpitinden oluşan ve bir pilotun gerçek yarış arabasıyla yarıştığı zaman görebileceği hemen her şeyi görebilme olanağı sağlanan bir simülasyon üzerinde sanal pistler üzerinde tur atmaktadırlar (“Test run for F1 simulator”, 2009).

Formula 1’de ayrıntılı ve gerçekçi pist modelleri üretmek için üç boyutlu lazer taraması ve benzeri teknolojiler kullanılmakta ve bu modeller pistin tüm özelliklerinin üç boyutlu haritasını içermektedir. Simülasyon üzerinde pilotlara ne zaman fren yapmaları gerektiği, aracı virajlarda hangi açılara göre tekrar hızlandırmaları gerektiği gibi yeteneklerini geliştirmeleri için görsel ipuçları yer almaktadır. Buradaki araçlar fiziki araçlara mümkün olabildiğince benzer şekilde dizayn edilmektedir (Şasi, kokpit, direksiyon, pedallar, direksiyon üzerindeki butonlar vb.). Tabii bu araç özelliklerinin birbirine olabildiğince yakın şekilde ayarlanabilmesi için önemli ölçüde zaman harcanmaktadır. Elde edilen sonuçlar sonucunda da pistte aracın nasıl bir performans göstereceği olabilecek maksimum şekilde tahmin edilebilir hale gelmektedir (<https://www.mercedesamgf1.com/>)

Bu simülasyonlar neden bu kadar önemli ve bu simülasyonlara olan yaklaşımlar pistten piste değişiklik gösteriyor mu?

Takımlar açısından sporda başarılı olmak adına motorlardan, tekerleklerden daha önemli olan şey simülasyonlardır. Çünkü bu simülasyonlar takımların pistleri ve yarış ortamlarını taklit edebilen, takımlara hazırlık aşamasında yardımcı olan teknolojik yardımcılardan birisidir (Doolittle, 2012).

Mercedes AMG Petronas F1 takımının simülasyon pilotları ve mühendislerinin takımın kendi youtube hesabında paylaşmış olduğu bir videoda konunun önemi ile ilgili şunları söylemişlerdir:

Formula 1 takımları, geçmişte araçlarını pistte test etme konusunda daha fazla serbestlik ve esnekliğe sahipken, zaman içinde bu fırsatlar kısıtlanmıştır. Artık takımlar, hafta sonları dışında mevcut araçlarıyla pistte deneme yapma imkanına nadiren sahiptir. Bununla birlikte, simülasyon alanında fırsatlar neredeyse sınırsızdır. Ayrıca, bileşenler üretilmeden veya imal edilmeden önce araç üzerinde test edilebilir, bu da performanslarını ve değerlerini belirlemek için son derece değerli bir araç sunar. 2022'de yürürlüğe giren yeni düzenlemelerle birlikte, araçlar hakkında keşfedilecek çok şey bulunmaktadır. Çünkü önceki nesillerden oldukça farklı davranışlar sergilemektedir. Sınırlı pist süresi nedeniyle, veri toplama için simülasyon araçları gibi araçlar, son derece önemli hale gelmiştir. Simülatör sürücülerinin her hafta yüzlerce tur atabilmesi, aracın sorunlarını anlamak ve güvenilir çözümler üzerinde çalışmak için yardımcı olmaktadır (<https://www.youtube.com/>, 2022).

Simülasyon kısmı hazırlık aşamasının en önemli parçalarından biridir. Eğer piste daha önce hiç gidilmediyse veya pist yapısında değişiklikler olduysa çok daha hayati bir öneme sahiptir. Yaklaşımlar hemen hemen aynı olsa da tabii ki pistten piste değişiklik gösteren kısımlar mevcuttur. Örneğin daha önce hiç yarışılmayan pistlerde daha kapsamlı bir program gerekliliği ortaya çıktığı için o hafta daha yoğun çalışmalar olmaktadır. Daha önce ziyaret edilen pistlerde yaklaşık 450 tur, yani hemen hemen normal bir yarış mesafesinin sekiz katı kadar tur atılmaktadır. Daha önce gidilmemiş olan pistlerde ise etkinlik öncesinde iki gün ve as pilotların pisti tanımaları açısından ek olarak bir gün daha ayrılmaktadır. Genelde bu turlar simülatör sürücülerini tarafından atılmakta ve raporları as pilotlara sunulmaktadır. Fakat zaman zaman as pilotlar da simülatörlerde vakit geçirip kendilerini ilgili pistte rahat hissedebilecek şekilde turlar atabilmektedir (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Ayrıca aktif olarak Alfa Romeo F1 takımının pilotu olan Valtteri Bottas geçmiş yıllarda katıldığı bir etkinlikte simülatör ile alakalı şunları söylemiştir: "İngiltere'deki Williams simülatörünü test pilotu olarak yoğun bir şekilde kullanıyorum. Formula 1'de gelişim için simülatör çok önemli ve eğitim programımın ayrılmaz bir parçası (Wright, 2012)".

Takımlar veri elde etmek için simülasyonları nasıl kullanıyor?

DiL simülasyonundan ayrı olarak bir sanal pisti daha mevcuttur. Fakat buradaki sistem tamamen bilgisayar üzerinden yürütülmektedir. DiL'den elde edilen bir kısım veri dosyalanıp bu sistemlere yüklenmekte ve burada her yarış haftası öncesi yüz binlerce sanal turu kendi kendine tamamlayıp terabaytlarca veri üretebilmektedir. Daha sonra mühendisler bu simülasyonları hızlandırıp diğerleri ile paralel bir şekilde çalıştırmakta ve bu sayede daha kısa sürede daha fazla veri elde edilebilmektedir. Bu simülasyonlarda birden fazla araç ayar sistematiği uygulanmakta ve elde edilen veriler grafikler halinde diğer simülasyonların verileri ile karşılaştırılabilmektedir. Bu analizlerden sonra yarış stratejisinden, araç stratejisinden sorumlu ekipler bu verilerle nasıl bir yol takip edeceklerine karar verip araç piste bu ayarlamalar ile gönderilmektedir (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Kullanılan bu simülatörlerde her faktör simüle edilebilir mi?

Simülasyonlar için her zaman yüzde yüz doğru denemez. Çünkü simülasyonlar içerisine eklenen veriler ne kadar iyi ise o kadar iyi olabilirler, dolayısı ile asla kararlara net bir şekilde etkileri olmamaktadır. Buradaki amaç mühendislere uygun stratejileri uygulayabilmelerinde yardımcı olmalarıdır. Strateji seçildikten sonra fiziki araçlarla pist üzerinden geri bildirim sağlamak pilotlara ve bu geri dönüşlerden çıkan verileri aracı daha iyi hale getirmek için kullanmak görevi de mühendislere düşmektedir. Aracın kanat açısının doğruluğu ve yanlılığı, süspansiyon ayarlarının doğruluğu gibi konular hakkında bilgi toplamak simülasyonlarda kolayken, asfalt tutuşu, lastiğin bu asfalt tutuşuna ve sıcaklığına nasıl tepki verdiği gibi faktörlerin ölçülmesi ise zordur. Çünkü hava durumu gibi kontrol dışı bu faktörler simülatörlerde modellenememektedir (<https://www.mercedesamgf1.com/>).

Dijitalleşmenin ve kullanılan simülatörlerin işletmeler ve sektörlerde maliyet ve sürdürülebilirliğe etkileri nelerdir?

Teknolojinin ilerlemesi ve dijitalleşme ile iş süreçlerinin sanal ortamlarda yapılması çok daha az

maliyetli/zahmetlidir. Sanal sistemlerden elde edilen veriler ışığında strateji ekipleri bilgilendirilip bu verilere göre strateji oluşturmaları sağlanabilmekte, hem de raporlamalar yapılabilmektedir. Dijitalleşme ile simülasyon gibi geliştirilen araçlar sektörlerin ve eğitim programlarının ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir (Wright, 2012). Dijital araçlar ile elde edilen veriler ne kadar iyi ise o süreçler o kadar iyi olabilmektedirler. Dolayısı ile asla kararlara net bir şekilde etkileri olmamaktadır. Amaç mühendislere, yöneticilere ve insan kaynaklarına uygun stratejileri uygulayabilmelerinde yardımcı olmaktadır.

Öte yandan dijitalleşme ile gelişen dijital araçlar lojistik ve ekipman açısından maliyetleri azaltma, zamandan tasarruf etme gibi katkılar sağlamaktadır. Öyle ki bu araştırmanın örneği olan simülasyonlar çeşitli testleri tamamen güvenli bir şekilde gerçekleştirebilme ve hava durumunun olası sürprizlerine maruz kalmadan, istenilen şekilde ayarlanabilme ve sürdürülebilme avantajıyla takımlara ve sektöre büyük katkılar sağlamaktadır (“Test run for F1 simulator”, 2009).

SONUÇ VE TARTIŞMA

Elde edilen veriler ışığında dijitalleşmenin Formula 1'e önemli ölçüde fayda sağladığı, sektörde dönüşüm meydana getirdiği açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Pilotlar ve takımlara göre dijitalleşmenin Formula 1'e en büyük katkılarından birisi simülasyonların ortaya çıkışıdır. Günümüzde Formula 1 takımlarının pist üzerinde test yapma olanakları geçmişe oranla çok daha kısıtlı olduğundan simülasyonlar sektörde hayati bir rol oynamaktadır. Formula 1 sektöründe simülasyonların kullanımı takımlara, pilotlara ve mühendislere pek çok açıdan katkı sağlamıştır. Bunların en önemlileri; pilotların daha önce bulunmadıkları pistlerde simülasyonlar aracılığı ile tur atabilmelerine olanak sağlaması, mühendislerin doğru yarış stratejisi ve araç kurulumunu bulabilmeleri, takımların olası yüksek maliyetlerden kurtulması ve hata payının en aza indirgenmesi olarak belirtilebilir.

Elbette elde edilen verilerden de anlaşılacağı gibi simülasyonlar her zaman net sonuç vermeyebilir. Hatta hiçbir zaman tam olarak gerçek verileri sağlamaz. Fakat yüzde seksen oranında gerçek yarış araçları ile aynı verilerin elde edilebileceği tahmin edilmektedir.

Dijitalleşmenin Formula 1 sektörüne tek katkısı simülasyonlar değildir. Simülasyonun yanında yapay zekâ, veri analitiği, bulut bilişim, siber güvenlik gibi alanlarda da takımlara önemli faydalar sağlamaktadır. Örneğin yapay zekâ sayesinde elde edilen veriler çok daha hızlı ve az maliyetli şekilde analiz edilebilmektedir. Anlık olarak veriler gözden geçirilebilmektedir. Bunun yanında verilerin gizli kalması konusunda da oldukça titiz davranılmaktadır. Sebebi ise kendi araçlarına ait olan verilerin olası bir siber saldırı veya siber hırsızlık aracılığı ile başka kişilerin eline geçme ihtimalidir. Çalınan bu verilerin de başka takımlar tarafından para karşılığı alınması ile aracın bilinmeyen özelliklerinin ve stratejilerinin çalınması riskidir.

Elde edilen verilerde göze çarpan en önemli detay, bu simülasyonların lastiklerin yol tutuşu ve pist sıcaklığına nasıl tepki verdiği gibi faktörlerin ölçümlenmesinin zor olmasıdır. Bunun yanında hava durumu gibi bazı dış faktörler de kontrol dışı etken olduğu için gerçeğe göre daha farklı veriler ortaya çıkabilmektedir. Dolayısı ile simülasyon yapımcılarının, üreticilerinin önümüzdeki dönemlerde bu konulara da önem göstermeleri ve kendilerini bu alanda geliştirmeleri elzemdir. Çünkü farklı pist sıcaklıkları, buna bağlı olarak lastiklerin yol tutuşu ve hava durumu gibi etkenler Formula 1'de çok ciddi farklar yaratabilmektedir. Örneğin bazı araçlar sıcak zeminde daha kolay lastik ısıtırken, bazı araçlar orta düzey sıcaklıkta ya da soğuk hava şartlarında daha kolay lastik ısıtabilmektedir. Diğer bir durum ise, bazı araçlar tek turda lastik ısıtabilmekte ve hatta aşırı derecede kullanıp zarar verebilirken, bazı araçlar iki turda lastik ısıtabilmekte fakat ömrünü daha uzun süre koruyabilmektedir. Dolayısı ile bu gibi faktörlerin de simülasyonlarda çok daha derinlemesine analiz edilmesi takımlar açısından oldukça önemli bir etkidir.

Sonuç olarak; dijitalleşme Formula 1 sektörü örneğinde olduğu gibi masrafların azaltılması, verilerin daha az zahmetli ve maliyeti düşük şekilde elde edilmesi, pilotların daha önce bulunmadıkları pistler hakkında simülasyonlar aracılığı ile tur atarak bilgi edinmesi, mühendislere araç kurulumu, yarış

stratejisi hazırlama, veri analizi konusunda yardımcı olma, sürdürülebilirlik, takımların elde ettikleri verilerini sanal ortamlarda koruyabilme ve her şeyden önemlisi doğaya zarar vermeden (karbon emisyonunun önüne geçerek) istedikleri verileri elde etmesi gibi konularda fırsat sağlamaktadır. Tüm bu fırsatların diğer sektörlerde de göz önünde bulundurularak dijital araçlara eğilimin ve işletme stratejileri ile teknoloji stratejilerinin paralel ilerletilmesinin sağlayacağı faydalar göz ardı edilmemelidir. Dijital dönüşüm için sermaye ve insan kaynağı destekleri hızlandırılmalıdır. Veri yönetimi ile isabetli hale gelecek karar alma mekanizmaları iyileştirilmeli ve insan kaynaklarının verimliliği artırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30. <https://doi.org/10.15637/JLECON.129>
- Ayyagari, M., & Beck, T. (2015). Financial Inclusion in Asia: An Overview. <https://www.econstor.eu/handle/10419/128568>
- Bal, N. (2021). Dijitalizasyon Sürecinde Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletmeler: Otomotiv ve Turizm Sektörü Karşılaştırması. İçinde M. Eryılmaz (Ed.), *Dijital Dönüşümü İşletme Biliminin Gözlükleriyle Anlamak* (ss. 1-16). Nobel Yayınevi.
- Brennen, J. S., & Kreiss, D. (2016). Digitalization. *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, 1-11. <https://doi.org/10.1002/9781118766804.WBIECT111>
- Burmeister, C., Lüttgens, D., & Piller, F. T. (2016). Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the “Industrial Internet” Mandates a New Perspective on Innovation. *Die Unternehmung*, 70(2), 124-152. <http://www.jstor.org/stable/26305728>
- Creswell, J. W. (2013). *Nitel Araştırma Yöntemleri*, (Çev.Ed. Mesut Bütün ve Selçuk Beşir Demir), 3. Baskıdan Çeviri, Gözden Geçirilmiş 5. Baskı, Ankara: Siyasal Kitabevi,
- Davutoğlu, N. A., Üniversitesi, E., Bilimler, S., Akgül, B., Bilimler, U., Ticaret, D., Lojistik, V., Yıldız, E., Ve, T., & İşletmeciliği, O. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *ASOSJOURNAL Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi The Journal of Academic Social Science*, 5(52), 544-567. <https://doi.org/10.16992/ASOS.12648>
- Doolittle, D. (2012). Simulators a chance for F1 teams to learn, fine tune plans for race. *Austin American-Statesman (TX)*.
- Emara, N., & Kasa, H. (2021). The non-linear relationship between financial access and domestic savings: the case of emerging markets. *Applied Economics*, 53(3), 345-363. <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1808174>
- Giannetti, C., & Ransing, R. S. (2016). Risk based uncertainty quantification to improve robustness of manufacturing operations. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 70-80. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2016.08.002>
- Hislop, M., Sivanathan, A., Lim, T., Ritchie, J., Rajendran, G., & Louchart, S. (2014). *Lecture Notes in Computer Science: Beyond simulators, Using F1 Games to Predict Driver Performance, Learning and Potential*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12157-4_13
- <https://tr.motorsport.com/>. (2023, Şubat 20). 2023 F1 kış testleri: Nerede ve ne zaman yapılacak, nasıl işleyecek? <https://tr.motorsport.com/f1/news/2023-f1-kis-testleri-nerede-ve-ne-zaman-yapilacak-nasil-isleyecek-/10423571/>
- <https://www.encyclopedia.com>. (2023, Mayıs 5). Computer Simulations as a Training Tool . *World Of Sports Science*. <https://www.encyclopedia.com/sports/sports-fitness-recreation-and-leisure-magazines/computer-simulations-training-tool>

- <https://www.mercedesamgf1.com/>. (t.y.). How Does F1 Simulation Work? Geliş tarihi 25 Mayıs 2023, gönderen <https://www.mercedesamgf1.com/news/how-does-f1-simulation-work>
- <https://www.nist.gov/>. (2022, Mayıs 12). NIST Cloud Computing Program - NCCP. <https://www.nist.gov/programs-projects/nist-cloud-computing-program-nccp>
- <https://www.youtube.com/>. (2022, Eylül 8). What Do F1 Simulator Drivers Do? Mercedes AMG Petronas F1 Team. <https://www.youtube.com/watch?v=1MCptQ8JWTK&pp=ygUdaG93IGRvZXMgYSBmMSBzaW11bGF0b3Igd29yayA%3D>
- Klein, M. (2019). İşletme 4.0 Kapsamında Şirket 2.0 - İşletme Süreçlerinde Sosyal Yazılım Kullanımı (1. bs, C. 1). Nobel Yayıncılık.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242. <https://doi.org/10.1007/S12599-014-0334-4/FIGURES/1>
- Liang, T. P., & Turban, E. (2011). Introduction to the special issue social commerce: A research framework for social commerce. *International Journal of Electronic Commerce*, 16(2), 5-13. <https://doi.org/10.2753/JEC1086-4415160201>
- Liu, D. Y., Chen, S. W., & Chou, T. C. (2011). Resource fit in digital transformation: Lessons learned from the CBC Bank global e-banking project. *Management Decision*, 49(10), 1728-1742. <https://doi.org/10.1108/00251741111183852/FULL/PDF>
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.1016/J.JII.2017.04.005>
- Malik, R., Solanki, K., & Dalal, S. (2018). Literature Review On Security Aspects Of IoT. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9(2). <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i2.5687>
- Mariam H., İ., Zaki, M., & Khater, M. (2018, Ocak). Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far? <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36492.62086>
- Piccinini, E., Gregory, R., & Kolbe, L. (2015). Changes in the Producer-Consumer Relationship - Towards Digital Transformation. *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. <https://aisel.aisnet.org/wi2015/109>
- Pisching, M. A., Junqueira, F., Filho, D. J. S., & Miyagi, P. E. (2015). Service composition in the cloud-based manufacturing focused on the industry 4.0. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 450, 65-72. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16766-4_7/COVER
- Savić, D. (2020). From Digitization and Digitalization to Digital Transformation: A Case for Grey Literature Management. *Grey Journal*, 16, 28-33.
- Schuchmann, D., & Seufert, S. (2015). Corporate Learning in Times of Digital Transformation: A Conceptual Framework and Service Portfolio for the Learning Function in Banking Organisations. *International Journal of Advanced Corporate Learning (iJAC)*, 8(1), 31. <https://doi.org/10.3991/IJAC.V8I1.4440>
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J. P. (2014). Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19(C), 51-56. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2014.05.016>
- Scurati, G. W., Ferrise, F., & Bertoni, M. (2020). Sustainability awareness in organizations through gamification and serious games: A systematic mapping. *Proceedings of the NordDesign 2020 Conference, NordDesign 2020*. <https://doi.org/10.35199/NORDDESIGN2020.1>

- Stolterman, E., & Fors, A. C. (2004). Information technology and the good life. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 143, 687-692. https://doi.org/10.1007/1-4020-8095-6_45/COVER
- Test run for F1 simulator. (2009). *Waikato Times*.
- Tofan, D. C., Andrei, M. L., & Dinca., L. M. (2012). Cyber Security Policy. A methodology for Determining a National Cyber-Security Alert Level. *Informatica Economica*, 16(2), 103-115. <https://ideas.repec.org/a/aes/infoec/v16y2012i2p103-115.html>
- Tůma, Z., Tůma, J., Knoflíček, R., Blecha, P., & Bradáč, F. (2014). The Process Simulation Using by Virtual Reality. *Procedia Engineering*, 69, 1015-1020. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.084>
- Tutar, S. (2019). Endüstri 4.0'ın Muhasebe Mesleğine Olası Etkileri/ Possible Effects Of Industry 4.0 On The Accounting Profession. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 3(2), 323-344. <https://doi.org/10.29216/UEIP.611209>
- Wigand, R. T. (1997). Electronic commerce: Definition, theory, and context. *Information Society*, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/019722497129241>
- Wright, C. (2012, Ocak). Williams F1 unveils advanced entertainment simulator at Qatar motor show. <https://46f39d69f75379d6be3da62a573d0c58b4bf24e8.vetisonline.com/c/ih3yxv/details/dpq54nh63r?q=f1%20simulator>
- Yücel, G., & Adiloğlu, B. (2019). Dijitalleşme - Yapay Zeka ve Muhasebe Beklentiler. *Journal*, 17, 47-60.

EXTENDED ABSTRACT

The pervasive influence of digitalization across various industries has left an indelible mark on the sports sector, notably within the realm of Formula 1. This study scrutinizes the transformative role of simulators and digitalization in shaping the future trajectory of Formula 1. Simulators in Formula 1 encapsulate the meticulous replication of actual racing cars and tracks within a computerized environment. This technological advancement empowers teams, pilots, and engineers to engage in training simulations that closely mimic real-world racing conditions. Furthermore, it facilitates the adaptation to unfamiliar tracks, rigorous testing of vehicle attributes and performance metrics, as well as the exploration of diverse racing strategies. In consequence, teams are endowed with the capacity to effortlessly accrue and scrutinize data that would otherwise be beyond reach through conventional vehicular tests, which are inherently constrained in scope. Additionally, the integration of simulators enables teams to juxtapose the acquired data with that of the race day, thus enabling instantaneous decision-making predicated on empirical evidence, thereby contributing to the minimization of operational errors.

Beyond the realm of training and performance optimization, simulators confer a constellation of advantages, notably in terms of cost containment and bolstering sustainability endeavors. This is underscored by the obviation of resource-intensive physical tests, allowing for a more judicious allocation of financial resources. Moreover, the reduction of carbon footprint arising from diminished reliance on physical testing constitutes a noteworthy stride towards sustainability within the Formula 1 ecosystem. Furthermore, the simulator infrastructure serves as an invaluable crucible for the identification and nurturing of nascent talents, affording a controlled environment wherein burgeoning pilots can hone their skills under conditions approximating real-world racing scenarios.

It is imperative to note that simulators constitute just one facet of the multifaceted transformation ushered in by digitalization within Formula 1. Data analytics, buttressed by the deployment of artificial intelligence, coupled with the integration of cloud computing technologies, collectively augment and refine the processes of data collection and analysis within teams. This amalgamation of technologies accelerates the pace of insight generation, thereby affording teams a strategic edge in an ever-evolving competitive landscape.

In summation, the advent of digitalization in tandem with the incorporation of simulators has engendered a paradigm shift within the Formula 1 industry. These emergent technologies not only serve as pivotal adjuncts for pilots and engineers in matters pertaining to vehicle dynamics, track familiarity, and strategic formulation, but also engender a substantial impact on financial viability and ecological stewardship for teams. As the Formula 1 landscape continues to evolve, the integration of digital technologies stands as an instrumental driver of innovation and progress, propelling the sport towards heightened levels of competitiveness and sustainability.