



Journal of Turkish Operations Management

Yeni ürün geliştirme süreçlerinde dijitalleşme etkisi üzerine bir araştırma

Yeşim Deniz Özkan Özen*

¹Yaşar Üniversitesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, İzmir

e-mail: yesim.ozen@yasar.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-4520-6590>

*Sorumlu Yazar

Makale Bilgisi

Geliş: 22.09.2023
Revize: 23.09.2024
Kabul: 21.10.2024

Anahtar Kelimeler:

Yeni Ürün Geliştirme,
Dijitalleşme,
Endüstri 4.0,
Dijital Dönüşüm,
Graf Teori,
Matris Yaklaşımı

Özet

Günümüzde hızla artan rekabet koşulları ve değişen pazar beklentileri ile birlikte yeni ürün geliştirme süreçlerinin işletmeler için stratejik önemi giderek artmaktadır. Yeni endüstri devriminin etkisiyle dijitalleşen sistemler, işletmelerdeki tüm süreçlerin dönüşüm geçirmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda dijitalleşme ile birlikte yeni ürün geliştirme süreçlerinin de yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı yeni ürün geliştirme süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, detaylı bir literatür araştırması sonucunda konu ile ilgili çalışmalar irdelenerek yeni ürün geliştirme süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörler 7 başlık altında ortaya konmuştur. Çalışmanın uygulama kısmında belirlenen faktörlerin birbirileri ile etkileşimini ve önem düzeylerini ortaya koymak için graf teori ve matris yaklaşımı kullanılmıştır. Uygulama bulgularına göre prototip süreçlerinde dijital teknolojilerin entegrasyonu, veri bilimci istihdamı ve proje yönetiminde dijital iş birliği platformları entegrasyonu faktörleri en önemli ilk üç faktör olarak ortaya çıkmıştır. Çalışma sonuçlarının yeni ürün geliştirme süreçlerinde dijitalleşme ile ilgili olarak kritik konuların ortaya konması ve işletmelerde odaklanılması gereken öncelikli hususların sunulması bu şekilde yatırım ve istihdam gibi stratejik kararların alınması süreçlerine katkı sağlaması beklenmektedir.

A research on impacts of digitalization on new product development processes

Article Info

Received: 22.09.2023
Revised: 23.09.2024
Accepted: 21.10.2024

Keywords:

New Product Development,
Digitalization,
Industry 4.0,
Digital Transformation,
Graph Theory,
Matrix Approach

Abstract

Nowadays, the strategic importance of new product development processes for businesses is increasing due to the rapidly increasing competitive conditions and changing market expectations. Digitalized systems under the influence of the new industrial revolution reveal the necessity of transforming all processes in businesses. In this context, new product development processes need to be restructured along with digitalization. The aim of this study is to investigate the impact of digitalization on new product development processes. For this purpose, as a result of a detailed literature research, studies on the subject were examined and the factors showing the impact of digitalization in new product development processes were revealed under 7 headings. As the methodology, graph theory and matrix approach were used to reveal the interaction between factors and their importance order. According to the findings of the implementation, the integration of digital technologies in prototype processes, employment of data scientists and integration of digital collaboration platforms in project management emerged as the top three most important factors. It is expected that the results of the study will contribute to the processes of making strategic decisions such as investment and employment by revealing critical issues regarding digitalization in new product development processes, and presenting the priority issues that should be focused on, in businesses.

1. Giriş

İşletmeler için yeni ürün geliştirme (YÜG) süreçleri rekabet avantajının sağlanabilmesi ve pazar payının korunabilmesi için kritik önem taşımaktadır. YÜG, pazar fırsatlarını satılabilir ürünlere dönüştürme süreçlerinin merkezindeki aktiviteler olarak tanımlanabilir (Bibaud-Alves, El-Haouzi, Thomas ve Boucinha, 2019). Yeni ürün geliştirebilmek için fikir üretme, gözlemlene, test etme ve müşteri onayı alma adımları YÜG yaşam döngüsü içinde izlenmektedir (Wijewardhana, Weerabahu ve Nanayakkara, 2021). Yapısı itibarıyla YÜG projeleri başarı garantisi olmayan, karmaşık iş süreçlerine sahip, farklı işletme fonksiyonlarından iç ve dış paydaşların birlikte çalıştığı süreçlerdir (Gao ve Bernard, 2018). Günümüzde dijitalleşmenin etkisi ile birlikte yeni ürün geliştirme süreçlerinin yapısı değişim geçirmekte, dijital teknolojilerin kullanımı farklı bir boyut kazanmaktadır. Dijitalleşme ile birlikte tüm YÜG süreçlerinin yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

Günümüzde dijitalleşme ya da dijital dönüşüm kavramları sıklıkla dördüncü sanayi devrimi ile birlikte kullanılmakta, kimi zaman Endüstri 4.0 olarak da ifade edilmektedir. Öte yandan üretim sistemlerinde dijitalleşme kavramı üçüncü endüstri devrimi ile birlikte kullanımı başlayan bilgisayarlı programlama sistemlerine uzanmaktadır (Lee, Cameron ve Hassal, 2019; Erol ve Eraslan, 2024; Tan ve diğ., 2024). Ancak, bu çalışmada dijitalleşme kavramı ile dördüncü endüstri devriminin odağında iş süreçlerine nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zeka, siber fiziksel sistemler, robotik uygulamalar, 3 boyutlu yazıcılar gibi dijital teknolojilerin entegre edilmesi ifade edilmektedir. Dördüncü endüstri devrimi ya da Endüstri 4.0 ile dijitalleşme arasındaki bağlantıyı ifade etmek ile ilişkili olarak, Karadayı Usta (2021) Endüstri 4.0'ı "dijital dönüşüm vasıtasıyla ileri teknoloji altyapı ve nitelikli insan kaynağı kullanarak geleceğin üretim sistemlerini şekillendirecek bir fırsat" olarak tanımlamıştır.

Kısalan yaşam döngüleri, farklılaşan müşteri talepleri ve artan rekabet ile birlikte YÜG süreçlerinin hızlı ilerlemesi ve pazarda tutunan çıktılar sunması işletmeler için kritik önem taşımaktadır. Bu bağlamda dijitalleşme, müşteri ihtiyaçlarının tahminlenmesi ve analiz edilmesi, prototip süreçlerinin esnek ve hızlı sağlanması, test ve kontrol süreçlerinin tam zamanlı olarak izlenmesi, veri toplama ve analizin etkin şekilde gerçekleşmesi gibi bir çok avantajı beraberinde getirmektedir (Wijewardhana ve diğ., 2021). Öte yandan dijitalleşmenin etkisiyle birlikte YÜG süreçlerinde istihdam edilen personelin farklılaşması, mühendisler ve tasarımcılara ek olarak tüm süreçlerde veri analizi ve yazılım desteği sağlayacak kişilerin süreçlere dahil olması beklenmektedir (Wehrle, Birkel, Gracht ve Hartmann, 2022). Kısacası, YÜG süreçlerinin dijital dönüşüm ile birlikte en verimli şekilde ilerleyebilmesi için kritik faktörlerin ortaya konması ve analiz edilmesi işletmelerin rekabet avantajı sağlayabilmesi için çok önemlidir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, YÜG süreçlerinde dijitalleşmeyi inceleyen sınırlı sayıda çalışma olmakla birlikte (örn: Cantamessa, Montagna, Altavilla ve Casagrande-Seretti, 2020; Marion ve Fixson, 2021; Wehrle ve diğ., 2022), bu süreçlerde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörleri ortaya koyan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu noktadan hareketle, bu çalışmanın amacı öncelikle YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörleri ortaya koymak ve bu faktörlerin birbirleri ile ilişkilerini ve stratejik önem düzeylerini değerlendirmektir. Bu amaç doğrultusunda faktörlerin değerlendirilmesi için graf teorisi ve matris yaklaşımı kullanılmıştır. Graf teorisi ve matris yaklaşımı bir sistemi tanımlamada kullanılan faktörlerin birbirleri ile ilişkilerini ve etkileşimlerini analiz etmeye yarayan 23birçok kriterleri karar verme yöntemidir (Mangla ve diğ., 2019). Bu çalışmada YÜG süreçlerinde dijitalleşme etkisini gösteren faktörler ortaya konduktan sonra bu yöntem ile analiz edilerek önceliklendirilecektir. Çalışma sonuçlarının YÜG süreçlerinde dijitalleşme ile ilgili olarak kritik konuların ortaya konması ve işletmelerde odaklanması gereken öncelikli hususların sunulması bu şekilde yatırım ve istihdam gibi stratejik kararların alınması süreçlerine katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş kısmından sonra YÜG ve dijitalleşme ilişkisini birlikte inceleyen çalışmaların incelendiği bir literatür araştırması sunulmuştur. Bu bölüm ayrıca YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörleri ortaya koymaktadır. Çalışmanın üçüncü bölümünde araştırma metodolojisi açıklanmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümü uygulama ve bulguları içermektedir. Son olarak beşinci bölümü sonuç kısmı oluşturmaktadır.

2. Literatür Araştırması

Literatür incelendiğinde YÜG süreçlerinde dijitalleşmeyi araştıran çalışmaların henüz sınırlı sayıda olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmaların bir kısmı dijitalleşme kavramını kullanırken, dijital dönüşüm süreçlerini Endüstri 4.0

olarak tanımlayan ve YÜG süreçleri ile ilişkisini Endüstri 4.0 başlığı altında araştıran çalışmalara da rastlanmıştır. Bu nedenle, çalışmanın literatür araştırması dijitalleşme ve Endüstri 4.0 kavramlarını kapsayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde konuya odaklanan ilk çalışmalardan biri Santos, Loures, Piechincki ve Canciglieri (2017) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazarlar çalışmalarında YÜG adımları ile Endüstri 4.0 ile ilişkili konseptleri (akıllı ürün, akıllı hizmet, gelişmiş yenilik, bağlantılı yaşam döngüsü yenilikleri, merkezi yapıda olmayan üretim kontrolü, veri güdümlü operasyonel mükemmellik vb.) ilişkilendirmek için çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan PROMETHEE yöntemini kullanmışlardır. Patil, Kulkarni ve Rao (2019) ise Endüstri 4.0 ile değişen YÜG süreçlerini araştırmış ve geleneksel YÜG süreçleri ile farklılıkları karşılaştırmalı olarak sunmuştur.

Öte yandan Bibaud-Alves ve diğerleri (2019) YÜG süreçlerine Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik konuları açısından odaklanmışlardır. Vaka analizi gerçekleştirdikleri çalışmalarında YÜG aşamalarında dijital dönüşüm geçirmekte olan firmalar için sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin entegre edildiği bir çerçeve önerisi sunmuşlardır. Benzer şekilde, Palsodkar, Yadav ve Nagare (2024) tarafından yeni yayınlanan bir çalışmada da Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri çevik YÜG süreçleri açısından incelenmiştir ve bir çerçeve önerisi sunulmuştur. Bu çalışmada sunulan çerçeve önerisi, Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanıldığı çevik yeni ürün geliştirme süreçlerinde sürdürülebilir kalkınma amaçlarına nasıl ulaşılacağını açıklamayı hedeflemektedir. Sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0 ile ilişkili olarak Duan ve diğerleri (2024), ürün geliştirme süreçlerine sürdürülebilir ürünler perspektifinden yaklaşmış ve sürdürülebilirliğin üç ayağını YÜG süreçleri ve Endüstri 4.0 teknolojileri açısından incelemişlerdir. Benzer şekilde Chou (2024) Endüstri 4.0 ve sürdürülebilir YÜG süreçlerinin ilişkisini bir bibliyometrik analiz kullanarak araştırmıştır.

YÜG süreçleri ve dijitalleşmeyi sektör odaklı incelen çalışmalar da bulunmaktadır. Buna göre, Oliveira, Nunes ve Afonso (2019) otomotive yedek parça sektöründe YÜG ve Endüstri 4.0 ilişkisini araştıran bir çalışma gerçekleştirmişlerdir ve sektöre yönelik çıktılar sunmuşlardır. Wijewardhana ve diğerleri (2021) ise tekstil sektörüne yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada, tekstil sektöründe YÜG süreçlerinde verimlilik ve süreç yetkinliği ile Endüstri 4.0 yaklaşımları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Núñez-Merino ve diğerleri (2024) ise sağlık sektöründe YÜG süreçlerini Endüstri 4.0 açısından incelemişlerdir.

Literatür araştırmasında Endüstri 4.0 yerine dijitalleşme kavramına odaklanan çalışmalar incelendiğinde, Cantamessa ve diğerlerinin (2020) ilk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada veri güdümlü tasarım üzerinde durularak dijitalleşmenin YÜG süreçlerinde ortaya çıkardığı zorluklar ortaya konmuştur. Hallstedt, Isaksson ve Rönnbäck (2020) ise dijitalleşme, hizmetleştirme ve sürdürülebilirlik trendlerinin etkisi ile YÜG süreçlerinde ihtiyaç duyulan özellikler ve yetkinlikleri araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tüm kavramları entegre eden bir çerçeve önerisi sunulmuştur.

Marion ve Fixson (2021) ise YÜG süreçlerinde dijital araçların kullanımındaki değişiklikleri YÜG adımlarını içerecek şekilde son 15 yıl için incelemişlerdir. Çalışmanın çıktıları, dijital dönüşümün YÜG adımları üzerindeki etkilerini teknolojik anlamda ifade etmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. Bir başka literatür taraması ise Häusler ve diğerleri (2023) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yazarlar özellikle nesnelerin interneti uygulamalarının YÜG süreçlerinde uygulamalarına yönelik literatür taraması gerçekleştirmiş ve geleceğe yönelik öneriler sunmuşlardır.

Öte yandan Wehrle ve diğerleri (2022) YÜG süreçlerinde özel olarak satın alma ve tedarik yönetimine odaklanmışlardır. Dijitalleşmenin bu süreçler üzerindeki etkisini araştıran yazarlar Delphi analizi kullanarak çok detaylı öngörüler ve YÜG süreçlerinde dijital teknolojilerin kullanımı ile ilgili çıktılar sunmuşlardır. Dabić ve diğerleri (2023) ise YÜG süreçlerinde açık inovasyon ve dijitalleşme kavramının rolünü yapısal eşitlik modellemesi kullanarak Hırvatistan özelinde incelemişlerdir. Benzer bir yöntem ile Zheng (2024) ise kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modellemesi kullanarak dijital oryantasyon ve YÜG süreçlerinin performansı arasındaki ilişkiyi dinamik yetenekler teorisi çerçevesinde incelemişlerdir. Son olarak, Messina ve Leotta (2024) Dijitalleşmenin, müşteri katılımını sürecin erken aşamasından itibaren dikkate alarak hizmetleştirilmiş bir YÜG sürecini nasıl ve ne şekilde desteklediği konusunda literatürde ortaya konulan zorlukları ele almışlardır.

Odaklandıkları konular itibarıyla mantıksal olarak kategorize edilen bu çalışmalar, kullandıkları yöntem ve amaçlarını içerecek şekilde kronolojik olarak Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Yazar(lar)	YÜG Süreçlerinde Odak Noktası	Yöntem	Amaç
Santos ve diğ. (2017)	Endüstri 4.0	PROMETHEE	YÜG adımları ve dijital teknolojilerin ilişkisinin analiz edilmesi.
Bibaud-Alves ve diğ. (2019)	Endüstri 4.0 ve Sürdürülebilirlik	Vaka analizi	İnsan merkezli olarak YÜG süreçlerinde dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik arasındaki bağlantının sunulması.
Oliveria ve diğ. (2019)	Endüstri 4.0	Mülakat	Otomotiv parça endüstrisinde YÜG süreçlerinde Endüstri 4.0’ın etkisinin araştırılması.
Patil ve diğ. (2019)	Endüstri 4.0	Kavramsal araştırma	Endüstri 4.0 ile YÜG süreçlerinde yaşanacak değişikliklerin araştırılması.
Cantamessa ve diğ. (2020)	Dijitalleşme	Kavramsal araştırma	Dijitalleşmenin YÜG süreçlerinde yarattığı zorlukların araştırılması.
Hallstedt ve diğ. (2020)	Dijitalleşme, Sürdürülebilirlik ve hizmetleştirme	Yarı yapılandırılmış görüşme	Dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve hizmetleştirmenin YÜG üzerindeki etkisinin araştırılması.
Marion ve Fixson (2021)	Dijitalleşme	Vaka analizi	Dijitalleşmenin son 15 yıl içerisinde YÜG süreçlerini nasıl etkilediğinin araştırılması.
Wijewardhana ve diğ. (2021)	Endüstri 4.0	Anket	Tekstil sektöründe YÜG süreçlerinin performansının Endüstri 4.0 ile ilişkisinin araştırılması.
Wehrle ve diğ. (2022)	Dijitalleşme, satın alma ve tedarik yönetimi	Delphi yöntemi	Dijitalleşmenin YÜG süreçlerinde satın alma ve tedarik yönetimi üzerindeki etkilerinin araştırılması.
Dabić ve diğ. (2023)	Dijitalleşme	Yapısal eşitlik modellemesi	YÜG süreçlerinde açık inovasyon ve dijitalleşmenin rolünün araştırılması
Häusler ve diğ. (2023)	Dijitalleşme	Literatür taraması	YÜG süreçlerinde Nesnelerin İnterneti uygulamalarının araştırılması.
Chou (2024)	Sürdürülebilirlik ve Endüstri 4.0	Bibliyometrik analiz	Sürdürülebilir YÜG süreçlerini Endüstri 4.0 ile entegre ederek çerçeve önerisi sunmak.
Duan ve diğerleri (2024)	Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirlik	Bulanık Orto-üçlü aralık-değerli yaklaşım	YÜG süreçlerini sürdürülebilirliğin üç ayağı ve Endüstri 4.0 teknolojileri açısından yapılandırmak.
Messina ve Leotta (2024)	Dijitalleşme	Vaka analizi	Dijitalleşmenin hizmetleştirilmiş YÜG süreçlerindeki etkisinin araştırılması
Núñez-Merino ve diğ. (2024)	Sağlık sektörü ve Endüstri 4.0	Eylem Araştırması	Endüstri 4.0 teknolojilerinin sağlık sektöründe YÜG süreçlerinde kullanım şekillerini araştırmak.
Palsodkar ve diğ. (2024)	Endüstri 4.0, Sürdürülebilir kalkınma amaçları ve çevik üretim	Robust Best Worst Yöntemi ve Bulanık VIKOR	Endüstri 4.0 teknolojileri ve sürdürülebilir kalkınma amaçları ile uyumlu çevik YÜG süreçleri için bir yapı önerisi sunmak.
Zheng (2024)	Dijital oryantasyon	Kısmi En Küçük Kareler Yapısal Eşitlik Modellemesi	Dinamik yetenekler teorisine odaklanarak dijital oryantasyon ve YÜG süreçlerinin performansı arasındaki ilişkinin araştırılması.

Literatür araştırması sonucunda, YÜG süreçlerinde dijitalleşme ve Endüstri 4.0 konularına odaklanan çalışmalar olmakla birlikte, süreçlerde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörlerin somut bir şekilde sunulmadığı ortaya konmuştur. Bu bağlamda, bir sonraki bölümde yapılan literatür araştırmasının çıktıları YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörler olarak sunulmaktadır.

2.1 Yeni Ürün Geliştirme Süreçlerinde Dijitalleşmenin Etkisini Gösteren Faktörler

YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörlerin tanımlanması detaylı literatür taraması sonucunda gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, YÜG süreçlerine dijitalleşme, dijital dönüşüm, akıllı teknolojilerin kullanımı, Endüstri 4.0 konular açısından yaklaşılacak çalışmalara odaklanılmıştır. Yapılan literatür araştırması sonucunda konu ile ilgili çalışmalar irdelenerek dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörler 7 başlık altında ortaya konmuştur. Bu faktörlerin her biri literatürden kaynaklar ile desteklenmiştir. Faktörler ve açıklamaları aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Otonom Öneriler (F_1): YÜG süreçlerinde yapılan tasarımların teknik kısıtlar ve müşteri ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleşmesi çok önemlidir. Dijitalleşme ile birlikte yaygınlık kazanan otonom sistemler YÜG süreçlerini iyileştirmeye yönelik öneriler sağlamada kullanılabilir. Bu bağlamda özellikle yapay zekâ uygulamaları ile tasarım süreçlerinin geliştirilmesi otonom önerilere örnektir (Wehrle ve diğ., 2022). Ayrıca bilişsel teknolojiler olarak adlandırılan sistemler ile müşteri tercihlerinin analiz edilmesi, talep dalgalanmalarının ortaya konması ve tahminleme yaparak otonom öneriler sunulması dijitalleşmenin YÜG süreçlerindeki önemli etkilerinden biridir (Wijewardhana ve diğ., 2021).

Gerçek Zamanlı Süreç Kontrolü ve Takibi (F_2): Dijitalleşmenin önemli etkilerinden biri süreçlerin gerçek zamanlı kontrolünün ve takibinin sürekli olarak sağlanmasıdır. YÜG süreçleri ele alındığında gerçek zamanlı süreç kontrolü ve takibinin sağlanması ile hem sürekli bir performans kontrolü, bu şekilde hataların önlenmesi hem de müşteri talep ve isteklerinde yaşanan ani değişikliklere hızlı müdahale edilmesi sağlanabilmektedir (Patil ve diğ., 2019). Bunlara ek olarak, YÜG süreçlerinin döngüsel yapısının gerçek zamanlı takibi ile bütüncül bir performans değerlendirme yapılarak verimli bir işleyiş sağlanabilmektedir (Hallstedt ve diğ., 2017).

İnsan-Akıllı Nesne Etkileşimi (F_3): İnsan makine etkileşimi dijitalleşen sistemlerin önemli bir unsurudur. Dijitalleşme ile ortaya çıkan akıllı nesne kavramı YÜG süreçlerinde hem akıllı nesnelerin geliştirilmesi hem de akıllı nesnelerin ürün geliştirmede kullanılması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda akıllı nesnelere veri toplama ve işleme protokollerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Cantamessa ve diğ., 2020). İnsan-akıllı nesnelere arasındaki bu etkileşim sensörler ve Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojileri gibi sistemler ile YÜG süreçlerine dahil edilebilir (Bibaud-Alves ve diğ., 2019).

Otonom Yap ya da Satın Al Analizi (F_4): Yap ya da satın al kararı işletmelerin YÜG yatırımlarını doğrudan etkileyen stratejik bir karardır. Dijitalleşme doğrultusunda giderek yaygınlaşan yapay zekâ teknolojisi ile birlikte, pazar analizi, yatırım geri dönüşü, iş gücü maliyetleri ve tedarik maliyetleri gibi YÜG süreçlerini etkileyen birçok kritik unsur otonom olarak değerlendirilebilir ve yap ya da satın al kararı verilebilir (Wehrle ve diğ., 2022). Bu süreçler ayrıca doğrudan satın alma ve tedarik fonksiyonları ile ilişkilidir.

Veri Bilimci İstihdamı (F_5): Geleneksel olarak YÜG süreçlerinde istihdam edilen personel incelendiğinde endüstriyel tasarımcılar, ürün ya da hizmet ile ilgili alan mühendisler ve pazarlama uzmanlarından oluşmaktadır. Bu ekipler çapraz fonksiyonel ekipler olarak da nitelendirilebilmektedir (Altuğ, 2017). Öte yandan büyük veri kullanımı ile birlikte veri toplama, depolama ve analizi ürün ya da hizmetten bağımsız olarak işletmelerin tüm süreçlerini etkileyen işlemler haline gelmiştir. Bu nedenle, dijitalleşme ile birlikte YÜG süreçlerinde istihdam edilmesi gereken personelin arasına veri bilimciler de eklenmektedir (Wehrle ve diğ., 2022).

Proje Yönetiminde Dijital İş Birliği Platformları Entegrasyonu (F_6): YÜG süreçleri ihtiyacın belirlenmesinden ürünün ortaya konması aşamasına kadar bütünüyle bir proje olarak nitelendirilebilir. Bu nedenle, temel proje yönetimi prensiplerinin tümü YÜG projelerinde uygulanmaktadır. Tüm projelerde olduğu gibi YÜG süreçlerinde de paydaşlar arası iletişim ve bilgi ve veri akışı kritik önem taşımaktadır. Bu paydaşları işletme içi proje ekibi ve tedarikçiler oluşturmaktadır. Bu bağlamda YÜG süreçlerinde bulut tabanlı dijital işbirliği platformları paydaşlar arası iletişimin şeffaf, etkin ve hatasız ilerleyebilmesi için standart proje yönetim aracı haline gelmelidir (Wehrle ve diğ., 2022). Ayrıca bu platformlar sayesinde paydaşlar arasında proje ile ilgili bilgi akışının sağlanması ve sanal ortamda takım yönetiminin yapılabilmesi kolaylaşmaktadır (Marion ve Fixson, 2021)

Prototip Süreçlerinde Dijital Teknoloji Entegrasyonu (F_7): YÜG süreçlerinde tasarım ve uygulama fazları ürünün modellendiği ve prototiplerin ortaya konduğu ve geliştirilen ürünün pazar başarısını belirleyen en kritik süreçlerdendir (Santos ve diğ., 2017). Bu bağlamda prototip süreçlerini hızlandıran, etkinleştiren ve hataları

minimize eden 3 Boyutlu yazıcılar, arttırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, dijital ikiz gibi dijital teknolojilerin YÜG süreçlerine entegrasyonu dijitalleşmenin önemli etkilerindedir (Oliveria ve diğ., 2019; Wijewardhana ve diğ., 2021).

Dijitalleşmenin YÜG süreçlerine etkisini operasyonel boyutta ifade eden bu faktörlerin tümünün birbirleri ile etkileşimi olduğunu ifade etmek mümkündür. Ancak bu ilişkilerin, faktörlerin önem düzeyleri açısından bütüncül olarak değerlendirilmesi dijitalleşen sistemlerde YÜG süreçlerinde odaklanılması gereken unsurların ortaya konması açısından önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda, bu çalışmada graf teorisi ve matris yaklaşımı kullanılacaktır. Bir sonraki bölümde seçilen yöntem açıklanmaktadır.

3. Yöntem: Graf Teorisi ve Matris Yaklaşımı

Graf teorisi ve matris yaklaşımı karar verme süreçlerinde nispeten yeni mantıksal ve sistematik bir yaklaşımdır. Grafik model gösteriminin, bilim ve teknolojinin çeşitli alanlarındaki çeşitli sistem ve problem türlerini modellemek ve analiz etmek için yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Matris yaklaşımı ise, birçok bilim ve teknolojideki sistemi ve sorunları açıklayan digraf modellerinin kolay bir şekilde analiz edilmesinde faydalıdır. Bu yaklaşım bir digraftan, bununla ilişkili matristen ve permanent matris gösteriminden oluşmaktadır (Baykasoglu, 2014). Digraf gösterimi bir dizi düğümden ve yönlendirilmiş kenarlardan oluşurken, grafiğin matris gösterimi daha sonra karar verme bilgisini sağlamak için kalıcı fonksiyon kullanılarak analiz edilen bir modeli temsil etmektedir (Mangla, Sharma, Patil, Yadav ve Xu, 2019). Matris yaklaşımı, hedeflere ulaşmak için sistem fonksiyonunu ve indeksi üretmek üzere grafik modellerinin hızlı bir şekilde analiz edilmesinde faydalıdır. Graf teorisi ve matris yaklaşımı, performans özelliği seçimi, digraf gösterimi, matris gösterimi, seçim kriter fonksiyonu hesaplama ve uygun çalışma parametresi kombinasyonunun seçilmesinden oluşmaktadır (Sezer ve diğ., 2023). Graf teori ve matris yaklaşımı hiyerarşik yapıyı koruyabilmesi ve nitelikler arasındaki karşılıklı ilişkinin bilgisini sağlayabilmesi açısından pratiktir. Ayrıca bu yöntem, digraf gösterimine dayalı olarak nitelikler arasındaki karşılıklı ilişkinin görselleştirilmesini sağlamaktadır.

Adım 1: Faktörlerin tanımlanması

Graf teorisi ve matris yaklaşımı uygulamasında ilk adımı tanımlanan problem ile ilgili analiz edilmek istenen faktörlerin belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu çalışmada YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren 7 faktör belirlenmiştir.

Adım 2: Faktörlerin ilişkilerini gösteren digraf oluşturulması

İkinci adım belirlenen faktörlerin birbirleri ile ilişkilerini gösteren digrafın oluşturulmasıdır. Digraf faktör sayısı kadar düğümden oluşur ve faktörlerin birbiri ile ilişkisi karşılıklı oklar ile gösterilir. Digraf sayesinde faktörler arası tüm ilişkiler yönleri ile birlikte görsel olarak ifade edilir.

Adım 3: Faktörlerin ilişkilerini gösteren matris oluşturulması ve faktör değerlerinin bulunması

Yöntemin üçüncü adımı digrafta belirlenen ilişkilerin seviyesini belirlemek ve bu ilişkileri gösteren matris oluşturmaktır. Bu çalışmada faktörlerin birbirlerine karşı göreceli önem düzeyini ifade etmede Tablo 2'de gösterilen dilsel ifadeler ve sayısal karşılıkları kullanılmıştır.

Tablo 2. Faktörlerin Karşılaştırmalı Göreceli Önem Düzeyi (Mangla ve diğ. 2019)

	Faktörlerin Göreceli Önem Düzeyi	
	a_{ij}	$a_{ji} = 10 - a_{ij}$
Faktörler eşit düzeyde önemli	5	5
Faktörlerden biri diğerine göre biraz daha önemli	6	4
Faktörlerden biri diğerine göre güçlü düzeyde önemli	7	3
Faktörlerden biri diğerine göre çok güçlü düzeyde önemli	8	2
Faktörlerden biri diğerine göre son derece önemli	9	1
Faktörlerden biri diğerine göre aşırı düzeyde çok önemli	10	0

Faktörlerin bireysel önem düzeyleri ise uzman görüşleri alınarak Tablo 3'te sunulan dilsel değişkenlerle değerlendirilmektedir (Baskasoglu 2013).

Tablo 3. Faktörlerin Önem Düzeyi (Baykasoglu, 2014)

Dilsel Değişken	Faktör Değeri
Aşırı düşük önem	0

Son derece düşük önem	1
Çok düşük önem	2
Düşük önem	3
Ortalamanın altında önem	4
Ortalama önem	5
Ortalamanın üstünde önem	6
Yüksek önem	7
Oldukça yüksek önem	8
Son derece yüksek önem	9
Aşırı yüksek önem	10

Sonuç olarak karşılıklı göreceli önem değerleri ve faktörlerin bireysel değerlendirmeleri entegre edilerek Eşitlik 1’de sunulan matris elde edilmektedir. Bu çalışmada 7 faktör olduğu için matris bu sayı doğrultusunda gösterilmiştir. Sunulan matriste her a_{ij} ilişkisi Tablo 2’de sunulan 0-10 arası ölçekten değer almaktadır. Diyagonal değerler ise faktörlerin bireysel değerlendirmelerinden oluşmaktadır. Bu matris tüm uzman görüşlerinin değerlendirmelerinin modu alınarak bütünleşik hale getirilmekte ve her faktör için ayrı ayrı oluşturulmaktadır.

$$M = \begin{pmatrix} A1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ a_{21} & A2 & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ a_{31} & a_{32} & A3 & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & A4 & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & A5 & a_{56} & a_{57} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} & a_{64} & a_{65} & A6 & a_{67} \\ a_{71} & a_{72} & a_{73} & a_{74} & a_{75} & a_{76} & A7 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Adım 4: Permanent matris hesaplanması

Yöntemin dördüncü aşaması permanent matris hesaplanmasını oluşturmaktadır. Bu aşamada her bir faktör için permanent matris Eşitlik 2’deki şekilde hesaplanmaktadır. Bu şekilde bir permanent matris indeks değeri elde edilmektedir.

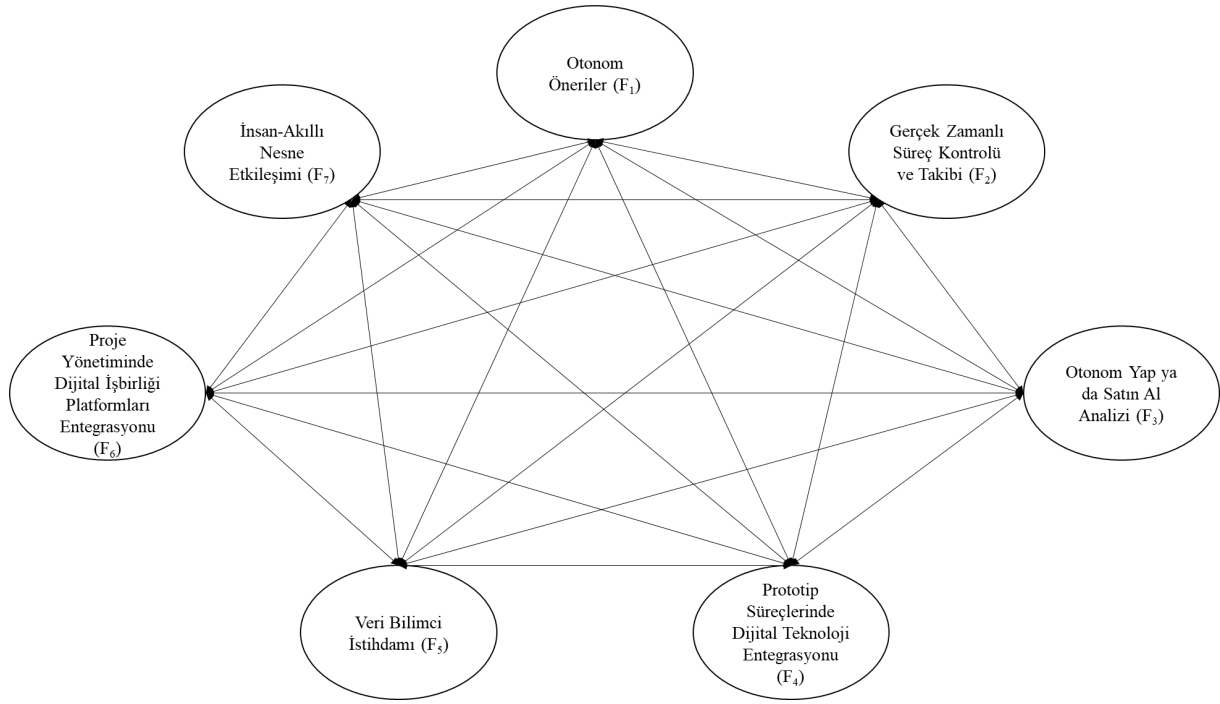
$$Perm(M) = \sum_{\sigma} \prod_{i=1}^n \sigma_i, \sigma(i) \quad (2)$$

Adım 5: Faktörlerin permanent matris indeksine göre sıralanması

Çalışmanın son adımında permanent matris indeks değerlerine göre sıralanır ve önem sırası ortaya çıkar.

4. Uygulama ve Bulgular

YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörlerin değerlendirilmesinde kullanılan graf teorisi ve matris yaklaşımının birinci adımını kriterle arası ilişkilerin yönünü gösteren digrafın çizilmesi oluşturmaktadır. Literatür araştırması sonucunda ortaya konduğu üzere YÜG süreçlerinde dijitalleşmeyi etkileyen 7 faktörün tamamı birbiri ile etkileşim halindedir. Ancak bu etkileşiminin düzeyinin ortaya konabilmesi ve faktörlerin önem sırasının ortaya çıkarılabilmesi için matris yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Sunulan faktörlerin digrafı Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Digraf Gösterimi

Bir çok kriterli karar verme yöntemi olarak geçen graf teori ve matris yaklaşımı veri toplamak için uzman değerlendirmesine ihtiyaç duymaktadır. Anket ve benzeri yöntemler ile kıyaslandığında, çok kriterli karar verme yöntemleri daha çok özelleştirilmiş alanlarda kullanıldığı ve uzman görüşüne ihtiyaç duydukları için örneklem sayısı için bir alt limit bulunmamakta, bu sayı 3 ile 20 arasında değişebilmektedir (Li, Shou, Ding, Sun ve Zhou, 2019). Bu çalışmanın uygulamasına 5 kişi katılmıştır. Katılımcıların tümünün tecrübesi 5 yıldan fazladır, enerji, elektronik, otomotiv, gıda ve tekstil sektörlerinde çalışan uzmanlar, proje yönetimi, ARGE ve endüstriyel tasarım departmanlarında çalışmaktadır. Katılımcıların bu uygulamaya uzman olarak seçilmesinin temel sebebi tümünün YÜG süreçlerine hakim olması ve dijital teknolojiler ve kullanım alanları ile ilgili bilgi birikimlerinin olmasıdır. Katılımcılardan öncelikle Tablo 2’de sunulan dilsel değişkenler kullanılarak her bir kriterin karşılaştırmalı önem düzeyini değerlendirmeleri istenmiştir. Karşılaştırmalı önem düzeyi matrisi değerlendirmelerde en çok verilen yanıtın seçildiği mod yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve Tablo 4’teki gibi oluşmuştur.

Tablo 4. Birleştirilmiş Karşılıklı Önem Düzeyi Değerlendirme Matrisi

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	6	3	4	5	4	3
F2	4	1	4	6	4	6	3
F3	7	6	1	6	5	4	6
F4	6	4	4	1	5	4	5
F5	5	6	5	5	1	3	4
F6	6	4	6	6	7	1	4
F7	7	7	4	5	6	6	1

Katılımcılardan ayrıca faktörleri Tablo 3 kullanarak bireysel olarak değerlendirmeleri istenmiştir. Yanıtlar mod alınarak birleştirildiğinde, faktörlerin bireysel önem seviyeleri sırasıyla (7, 8, 4, 8, 5, 6, 3) olarak ortaya çıkmıştır. Bu değerler Tablo 4 ile birleştirilerek her bir faktör için permanant matris oluşturmada kullanılmıştır. Her bir kritere ait permanant matris ve değeri eşitlik 2 kullanılarak aşağıda sunulmuştur.

$$Per(F_1) = \begin{pmatrix} 0 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 34725600$$

$$Per(F_2) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 0 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 343146128$$

$$Per(F_3) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 0 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 381071032$$

$$Per(F_4) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 0 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 342265808$$

$$Per(F_5) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 0 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 370411728$$

$$Per(F_6) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 0 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix} = 361317654$$

$$Per(F_7) = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 3 & 4 & 5 & 4 & 3 \\ 4 & 8 & 4 & 6 & 4 & 6 & 3 \\ 7 & 6 & 4 & 6 & 5 & 4 & 6 \\ 6 & 4 & 4 & 8 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 7 & 6 & 4 \\ 7 & 7 & 4 & 5 & 6 & 6 & 0 \end{pmatrix} = 391811112$$

YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörlerin permanant matris değerleri kıyaslandığında önem sırası Tablo 5'teki gibi ortaya çıkmıştır.

Tablo 5. Sonuç Tablosu

Önem Sırası	Faktör	Değer
1	Prototip Süreçlerinde Dijital Teknoloji Entegrasyonu (F ₇)	391811112
2	Veri Bilimci İstihdamı (F ₅)	370411728
3	Proje Yönetiminde Dijital İşbirliği Platformları Entegrasyonu (F ₆)	361317654
4	Gerçek Zamanlı Süreç Kontrolü ve Takibi (F ₂)	343146128
5	İnsan-Akıllı Nesne Etkileşimi (F ₃)	38107103
6	Otonom Öneriler (F ₁)	34725600
7	Otonom Yap ya da Satın Al Analizi (F ₄)	34226580

Uygulamanın bulguları incelendiğinde mevcut YÜG süreçlerine entegre edilebilecek dijitalleşme ile ilgili unsurların önem sırasında üst sıralarda yer aldığı, öte yandan daha bütüncül bir değişime ve teknolojik altyapı değişikliğine ihtiyaç duyan faktörlerin sonlarda yer aldığı ortaya çıkmıştır. Buna göre en operasyonel faktörlerden biri olarak nitelendirilebilecek ve YÜG süreçlerinde fiziksel tasarım aşaması ile ilgili prototip süreçlerinde dijital teknolojilerin entegrasyonu (F₇) ilk sırada yer almıştır. Daha önce bahsedildiği üzere YÜG süreçlerinin çıktısı olan ürünlerin başarısı, prototip sürecinin hızlı, etkin ve uygulanabilir olması ile doğrudan ilişkilidir. Bu anlamda işletmelerde başlangıç olarak 3 boyutlu yazıcı yatırımlarının yapılması ya da giderek yaygınlaşan artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri ile ürün somut hale gelmeden ürün üzerinde test ve değişiklik yapılmasına olanak sağlayan esnek ve hızlı bir YÜG süreci yaratması mümkündür.

Öte yandan veri bilimci istihdamı (F₅) faktörünün önem sırasında ikinci sırada çıkması, YÜG süreçlerinde veri analizi ve yönetimi konularının önemini ve ihtiyacının farkındalığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda işletmeler işe alım politikalarında ihtiyaç duyulan personel özelliklerine sektörden bağımsız şekilde veri bilimcileri eklemelidir. Bu öncelik aynı zamanda veri bilimi ile ilgili eğitim faaliyetlerinin önemini ve bu alanda mezun veren yükseköğrenim bölümlerinin önemini ortaya koymaktadır.

Proje yönetiminde dijital iş birliği platformları entegrasyonu (F₆) faktörü ise üçüncü sırada yer almaktadır. Önem sırasında üst sıralarda yer alan bu faktör, birbirinden farklı projeler olarak nitelendirilen YÜG faaliyetlerinin günümüz dinamik koşullarında paydaşlar arası güvenli ve sürekli veri akışını sağlayan, tüm proje adımlarının anlık olarak izlenebildiği iyi yönetilen bir süreç olarak ilerlemesini sağlamaktadır. Dijital iş birliği platformları halihazırda kullanılan sistemlere entegre edilebilmeleri itibarıyla işletmeler için göreceli olarak kolay uygulamaya sokulabilecek sistemler olarak nitelendirilebilir.

Faktörlerin permanant matris değerleri incelendiğinde dördüncü sırada gerçek zamanlı süreç kontrolü ve takibi (F₂) yer almaktadır. Dijital iş birliği platformlarıyla benzer amaca sahip olan bu faktörde ise izlenebilirlik ve takibi sağlayan teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Gerçek zamanlı süreç takibinin sağlanabilmesinin en önemli etkisi ise şüphesiz YÜG süreçlerinde performans takibi ve yönetiminin en iyi şekilde yapılmasıdır.

Bulgulara göre önem sırasında son 3 faktör insan-akıllı nesne etkileşimi (F₃), otonom öneriler (F₁) ve otonom yap ya da satın al analizi (F₄). Bu faktörlerin ortak özelliği YÜG süreçlerinde bütüncül bir teknolojik altyapı ve iş yapış şekli değişikliğine ihtiyaç duymalarıdır. Buna göre, dijitalleşmenin en önemli unsurlarından biri olan insan-akıllı nesne etkileşiminden bahsedebilmek için akıllı fabrika alt yapısının kurulmuş olması gerekmektedir. Buna ek olarak, işletmelerle ilgili tasarım ya da yap ya da satın al gibi stratejik kararların otonom sistemler tarafından gerçekleştirilmesi de hem teknolojik alt yapıya hem de buna uygun işgücüne ihtiyaç duymaktadır. Ülkemizde dijitalleşme konusunda hızla ilerleyen ve dönüşüm geçiren firmaların sayısı giderek artmakla birlikte tamamıyla bir dönüşümden ve stratejik kararların dijital teknolojiler tarafından verildiği YÜG süreçlerinden bahsetmek için henüz erkendir. Bu durumun YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörlerin sıralamasında doğrudan etkisi olduğu düşünülmektedir.

5. Sonuç

YÜG süreçleri işletmelerin pazar başarısı ve rekabet avantajı için anahtar rol oynamaktadır. Birbiri ile bağlantılı stratejik kararları içeren ve çok paydaşlı bir yapıya sahip olan YÜG süreçlerinin güncel gelişmeleri yakalaması ve uygulaması kritik önem taşımaktadır. Günümüzde yeni endüstri devriminin etkisiyle giderek yaygınlaşan birbirinden farklı dijitalleşme unsurları ve teknolojilerinin YÜG süreçlerinin verimliliğini artırma konusunda büyük etki sağlayacağı düşünülmektedir. Öte yandan YÜG süreçlerinde dijitalleşmeyi araştıran çalışmalar henüz çok sınırlıdır. Bu noktadan hareket ile, bu çalışmanın amacı YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisini gösteren faktörleri ortaya koymak ve bu faktörlerin birbirleri ile etkileşimlerini göz önünde bulundurarak önem sırasını sunmaktır. Bu amaç doğrultusunda, yapılan literatür taraması sonucunda 7 faktör ortaya konmuştur. Faktörler graf teori ve matris yaklaşımı ile analiz edilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre prototip süreçlerinde dijital teknolojilerin entegrasyonu, veri bilimci istihdamı ve proje yönetiminde dijital iş birliği platformları entegrasyonu faktörleri en önemli ilk üç faktör olarak ortaya çıkmıştır. Bu faktörlerin ortak özelliği mevcut altyapı ile entegre edilebilecek değişiklikler oldukları şeklinde yorumlanmıştır. Öte yandan daha yüksek yatırım, bütüncül teknolojik alt yapı değişikliği ve iş yapış şeklinde değişiklikler gerektiren insan-akıllı nesne etkileşimi, otonom öneriler ve otonom yap ya da satın al analizi faktörleri son sıralarda yer almıştır.

Çalışmanın sonuçları ile uyumlu olarak, dijitalleşmenin YÜG süreçlerine birçok somut fayda sağlaması beklenmektedir. Bu bağlamda, dijital dönüşüm, işletmelerin inovasyon süreçlerine daha sistematik bir yaklaşım getirmesini sağlar. Büyük veri analitiği, makine öğrenimi gibi teknolojiler, pazar eğilimlerini analiz ederek müşteri beklentilerini öngörmeyi kolaylaştırabilir. Bu sayede işletmeler, müşterilerin gelecekteki ihtiyaçlarını daha iyi anlayarak yenilikçi ürünler geliştirebilir. Buna ek olarak dijitalleşmenin, ürün geliştirme ekipleri arasındaki iş birliği ve iletişimi artırma konusunda büyük etkisi olması beklenmektedir. Bulut tabanlı platformlar sayesinde ekipler fiziki konumlarından bağımsız olarak ortak bir platformda çalışabilir ve veri paylaşımını anlık olarak gerçekleştirebilir. Bu durum YÜG süreçlerinin daha hızlı ilerlemesini ve hata oranlarının azalmasını sağlar. Dijitalleşmenin yeni ürün geliştirme süreçlerine sağladığı bu somut faydalar, işletmelerin hem rekabet avantajını artırmasına hem de maliyet ve zaman tasarrufu sağlamasına yardımcı olabilir ve dijital teknolojiler, yenilik kapasitesini artırarak işletmelerin daha hızlı, verimli ve müşteri odaklı ürünler geliştirmesine olanak tanır.

Dijitalleşmenin YÜG süreçleri üzerindeki etkileri küresel anlamda incelendiğinde ise ülkelerin gelişmişlik düzeyi ve ekonomik ve teknolojik alt yapısı belirleyici rol oynamaktadır. Örneğin Endüstri 4.0 kavramının öncüsü olarak nitelendirilen Almanya'da YÜG süreçlerinde dijital ikiz teknolojisi ile modellenme kullanılması, veri analitiği ve otomasyon kullanılarak süreçlerin optimize edilmesi gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır. Buna ek olarak, Amerika'da YÜG süreçlerinde dijitalleşme özellikle teknoloji şirketlerindeki yapay zekâ ve büyük veri kullanımı ile ilgili olarak örneklendirilebilir. Çin ise hızlı prototipleme ve nesnelerin internetinin aktif kullanımı gibi özellikleri ile YÜG süreçlerinde dijitalleşmeye örnek gösterilebilir. Öte yandan Türkiye'nin YÜG süreçlerinde dijitalleşme konusunda sınırdaki rekabet gücüne sahiptir. Bu bağlamda, işletmelerin yaklaşımları, ekonomik destekler ve bu yatırımlara ayrılan kaynaklar belirleyicidir.

Bu çalışmanın temel orijinalliği YÜG süreçlerinde dijitalleşme etkisini gösteren faktörleri inceleyerek konu ile ilgili somut unsurları ortaya koyması ve değerlendirmesi itibarıyla literatüre katkı sağlamak olarak nitelendirilebilir. Öte yandan çalışmanın temel kısıtı YÜG süreçlerinde dijitalleşme ile ilgili teorik ve uygulamaya dönük örneklerin henüz çok sınırlı olmasıdır. Özellikle ülkemizde bu alandaki akademik çalışmalar yok denecek kadar azdır. Sektörel uygulamalar ise az sayıda işletme ile sınırlıdır. Bu noktadan hareket ile, bu çalışmanın YÜG süreçlerinde dijitalleşme etkileri konusuna dikkat çekmesi ve gelecek çalışmalar için bir taban oluşturması hedeflenmiştir. İlerleyen çalışmalarda, YÜG süreçlerinde dijitalleşmenin etkisi ülkeler arası farklılıklar ortaya konacak şekilde karşılaştırmalı olarak incelenebilir. Ayrıca sektör odaklı uygulamalar üzerinde durulabilir.

Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynakça

- Altuğ, N. (2017). İşletmelerde yeni ürün geliştirme çalışmaları ve başarı faktörleri. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(02), 20-28. Erişim adresi: https://www.ibaness.org/bnejss/2017_03_02/02_altug_new.pdf
- Baykasoğlu, A. (2014). A review and analysis of “graph theoretical-matrix permanent” approach to decision making with example applications. *Artificial intelligence review*, 42, 573-605. <https://doi.org/10.1007/s10462-012-9354-y>
- Baykasoğlu, A. (2013). İş süreçleri modelleme/benzetim yazılımı seçimi için “çizge teorisi” ve “matris yöntemi” temelli bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 28(3). Erişim Linki: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/76307>
- Bibaud-Alves, J., El-Haouzi, H. B., Thomas, P., & Boucinha, V. (2019). Toward a sustainable new product development approach based on industry 4.0 assets. In *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing: Proceedings of SOHOMA 2018* (pp. 156-167). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-03003-2_12
- Cantamessa, M., Montagna, F., Altavilla, S., & Casagrande-Seretti, A. (2020). Data-driven design: the new challenges of digitalization on product design and development. *Design Science*, 6, e27. <https://doi.org/10.1017/dsj.2020.25>
- Chou, J. R. (2024). An integrative review exploring the development of sustainable product design in the technological context of Industry 4.0. *Advanced Engineering Informatics*, 62, 102689. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102689>
- Dabić, M., Posinković, T. O., Vlačić, B., & Gonçalves, R. (2023). A configurational approach to new product development performance: the role of open innovation, digital transformation and absorptive capacity. *Technological forecasting and social change*, 194, 122720. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122720>
- Duan, W., Khurshid, A., Khan, K., & Calin, A. C. (2024). Transforming industry: Investigating 4.0 technologies for sustainable product evolution in china through a novel fuzzy three-way decision-making process. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123125. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123125>
- Erol, M., & Eraslan, E. (2024). Nesnelerin İnterneti, Uygulama Alanları ve İş Sağlığı ve Güvenliği İle Etkileşimi. *Journal of Turkish Operations Management*, 8(1), 73-89. <https://doi.org/10.56554/jtom.1258262>
- Gao, J., & Bernard, A. (2018). An overview of knowledge sharing in new product development. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 1545-1550. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0140-5>
- Hallstedt, S. I., Isaksson, O., & Öhrwall Rönnbäck, A. (2020). The need for new product development capabilities from digitalization, sustainability, and servitization trends. *Sustainability*, 12(23), 10222. <https://doi.org/10.3390/su122310222>
- Häusler, E., Kremser, W., Hornung-Prähauser, V., & Huber, F. (2023). Data-intensive IoT new product development: a review and future directions. *International Journal of Product Development*, 27(3), 265-292. <https://doi.org/10.1504/IJPD.2023.133068>
- Karadayı Usta, S. (2021). Türkiye’de yürütülen Endüstri 4.0 araştırmaları . *Journal of Turkish Operations Management* , 5 (2) , 839-861. Erişim adresi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jtom/issue/67597/935413>
- Lee, J., Cameron, I., & Hassall, M. (2019). Improving process safety: What roles for Digitalization and Industry 4.0?. *Process safety and environmental protection*, 132, 325-339. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.10.021>
- Li, Y., Shou, Y., Ding, R., Sun, T., & Zhou, Q. (2019). Governing local sourcing practices of overseas projects for the Belt and Road Initiative: A framework and evaluation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 126, 212-226. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.04.012>

- Mangla, S. K., Sharma, Y. K., Patil, P. P., Yadav, G., & Xu, J. (2019). Logistics and distribution challenges to managing operations for corporate sustainability: study on leading Indian dairy organizations. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117620>
- Mangla, S. K., Sharma, Y. K., Patil, P. P., Yadav, G., & Xu, J. (2019). Logistics and distribution challenges to managing operations for corporate sustainability: study on leading Indian dairy organizations. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117620>
- Marion, T. J., & Fixson, S. K. (2021). The transformation of the innovation process: How digital tools are changing work, collaboration, and organizations in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 192-215. <https://doi.org/10.1111/jpim.12547>
- Messina, M. & Leotta, A. (2024), "The role of digitalization along new product development processes: the case of a servitized firm", *Qualitative Research in Accounting & Management*, Basım aşamasında. <https://doi.org/10.1108/QRAM-10-2022-0178>
- Núñez-Merino, M., Maqueira-Marín, J. M., Moyano-Fuentes, J., & Castaño-Moraga, C. A. (2024). Product development process for a new healthcare service in the Industry 4.0 context: an action research approach. *Production Planning & Control*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2349224>
- Oliveira, J., Nunes, M., & Afonso, P. (2018, July). New product development in the context of industry 4.0: Insights from the automotive components industry. In *International joint conference on industrial engineering and operations management* (pp. 83-94). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14973-4_8
- Palsodkar, M., Yadav, G., & Nagare, M. R. (2024). Integrating Industry 4.0 and agile new product development practices to evaluate the penetration of sustainable development goals in manufacturing industries. *Journal of Engineering, Design and Technology*. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2022-0101>
- Patil, B. A., Kulkarni, M. S., & Rao, P. V. M. (2019, December). New product development (NPD) process in the context of industry 4.0. In *2019 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)* (pp. 1231-1235). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEM44572.2019.8978740>
- Santos, K., Loures, E., Piechnicki, F., & Canciglieri, O. (2017). Opportunities assessment of product development process in Industry 4.0. *Procedia manufacturing*, 11, 1358-1365. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.265>
- Sezer, M. D., Ozbiltekin-Pala, M., Kazancoglu, Y., Garza-Reyes, J. A., Kumar, A., & Kumar, V. (2023). Investigating the role of knowledge-based supply chains for supply chain resilience by graph theory matrix approach. *Operations Management Research*, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00391-y>
- Tan, F., Zhang, Q., Mehrotra, A., Attri, R., & Tiwari, H. (2024). Unlocking venture growth: Synergizing big data analytics, artificial intelligence, new product development practices, and inter-organizational digital capability. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123174. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123174>
- Wehrle, M., Birkel, H., von der Gracht, H. A., & Hartmann, E. (2022). The impact of digitalization on the future of the PSM function managing purchasing and innovation in new product development—Evidence from a Delphi study. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 28(2), 100732. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2021.100732>
- Wijewardhana, G. E. H., Weerabahu, S. K., Nanayakkara, J. L. D., & Samaranyake, P. (2021). New product development process in apparel industry using Industry 4.0 technologies. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(8), 2352-2373. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-02-2020-0058>
- Zheng, X. (2024). The Impact of Digital Orientation on New Product Development Performance: Does Knowledge Intensity Matter?. *Sustainability*, 16(8), 3420. <https://doi.org/10.3390/su16083420>