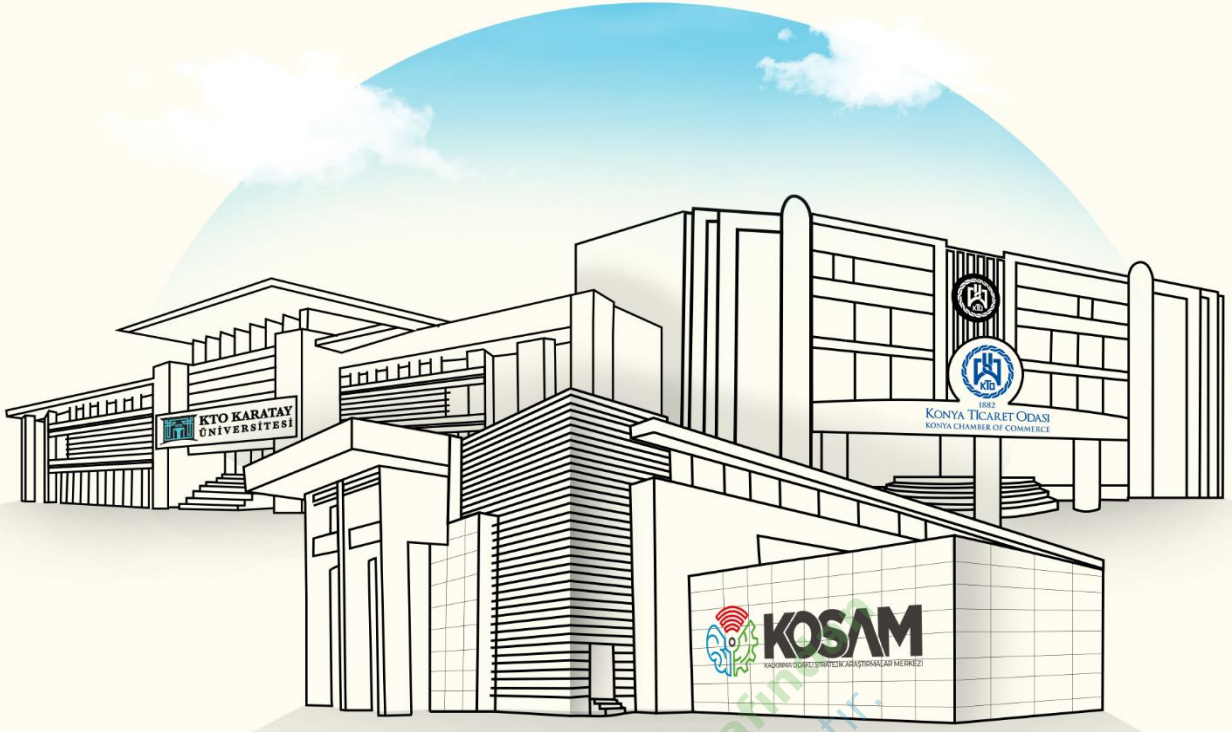




Veri ve Prompt Mühendisliği Alanında Fırsatlar ve Gelecek Projeksiyonu



Veri ve Prompt Mühendisliği Alanında Fırsatlar ve Gelecek Projeksiyonu

Veri ve Prompt Mühendisliği Alanında Fırsatlar ve Gelecek Projeksiyonu

İmtiyaz Sahibi

Kalkınma Odaklı Stratejik Araştırmalar Merkezi adına
Lütfi Can BAŞARAN

Editör

Dr. Ahmet ÇELİK

Hazırlayan

Dr. Ali ÇETİNKAYA
Kemal SAYAR
Mehmet Reha KOÇAK
Şükran Özge ÖZER

Kapak

Nevzat PEKKARPUZ

Baskı Yeri, Yılı

Konya, 2025

E-ISBN

978-625-97303-6-3

KOSAM

Akabe Mah. Alaaddin Kap Cad.
No:130 42020 Karatay / Konya

www.kosam.org

KTO Karatay Üniversitesi Yayınları
Temmuz 2025

Bu yayının tüm hakları KOSAM'a aittir. KOSAM'ın izni olmadan yayının tümünün veya bir kısmının elektronik veya mekanik (fotokopi, kayıt ve bilgi depolama vd.) yollarla basımı, yayımı, çoğaltılması veya dağıtımı yapılamaz. KTO Karatay Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenen bu çalışmadan, kaynak göstermek sureti ile alıntı yapılabilir.

İçindekiler

Şekiller	3
YÖNETİCİ ÖZETİ	4
1. VERİ MÜHENDİSLİĞİ.....	6
1.1. Veri Mühendisliğinin Tanımı ve Önemi	6
1.2. Veri Mühendisliğinin Gelişimi ve Mevcut Durumu	8
1.2.1. Veri Mühendisliğinin Tarihsel Gelişimi	8
1.2.2. Küresel Bağlamda Veri Mühendisliğinin Mevcut Durumu	12
1.2.3. Türkiye Bağlamında Veri Mühendisliğinin Mevcut Durumu	13
1.3. Veri Mühendisliğinin Eğitimi ve Gereken Nitelikler	14
1.3.1. Veri Mühendisliği Eğitimi ve Mesleki Gelişim Yolları	14
1.3.2. Veri Mühendislerinin Sahip Olması Gereken Temel Nitelikler	17
1.4. Veri Mühendislerinin Roller ve Sorumlulukları	18
1.4.1. Veri Mühendisliği Türleri	18
1.4.2. Veri Mühendisliği ve Veri Bilimi Karşılaştırması	20
1.4.3. Veri Mühendisleri ile Klasik Yazılım Mühendisleri Arasındaki Fark	21
1.5. Veri Yönetimi ve Altyapısı	22
1.5.1. Veri Kaynakları ve Türleri	22
1.5.2. Veri Yaşam Döngüsü: Yönetim ve Süreçler	24
1.5.3. Modern Veri Yığınları	27
1.5.4. FAIR Standartlarında Veri Kaydı Geliştirme	27
1.5.5. Veri Otomasyonu	28
2. VERİ YATIRIMLARI VE EKONOMİK ETKİLER	30
2.1. Veriye Yapılan Yatırımlar ve Ekonomik Boyutları	30
2.2. Veri Yatırımının Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Üzerindeki Etkileri	32
2.3. Veri Mühendisliğine Yatırımın Olası Riskleri	33
2.4. Pandemi Sürecinin Veri Hacmi ve Veri Yatırımları Üzerindeki Etkisi	35
2.5. Yapay Zekâ ve Veri İlişkisi: Etkileşim ve Uygulamalar	37
2.6. Üretken Yapay Zekâ Sistemleri İçin Veri Hijyeninin Önemi	38
2.7. Veri Mühendisliğine Dair Sektör ve Gelecek Projeksiyonları	40
2.7.1. Veri Mühendisliğinin Sektörler Üzerindeki Avantajları	40
2.7.2. Veri Mühendisliğinden Kaynaklanabilecek Fırsatlar	42
2.7.3. Veri Mühendisliğine Yapılacak Yatırımların İş Gücü Üzerindeki Potansiyel Etkileri	44

3. PROMPT MÜHENDİSLİĞİ	46
3.1. Prompt Mühendisliğinin Tanımı ve Önemi	46
3.2. Prompt Kavramı ve Tokenizasyon Süreci	47
3.3. Prompt Mühendisliğinin Tarihsel Gelişimi ve Güncel Durumu.....	48
3.4. Prompt Mühendisliğinin Sınırlamaları ve Karşılaşılan Zorluklar.....	49
3.5. Prompt Mühendisliği Alanındaki Güncel Eğilimler	50
3.6. Prompt Mühendisliği Konusundaki Abartılar ve Gerçekler	51
3.7. Prompt Mühendisliğinin Eğitimi ve İş Hayatına Katkıları	52
3.7.1. Prompt Mühendisliği Eğitim Programlarının Analizi	52
3.7.2. Prompt Mühendisinin Sahip Olması Gereken Nitelikler	53
3.8. Farklı Sektörlerdeki Uygulama Alanları ve Örnekler	54
3.9. Prompt Mühendisliği Sektör ve Gelecek Projeksiyonları.....	56
3.9.1. Prompt Mühendisliğinin Geleceği	56
3.9.2. Prompt Mühendisliğinin Gelişimi İçin Stratejik Planlar	57
3.9.3. Prompt Mühendisliğinin İş Gücü Dinamiklerine Etkileri	58
4. SONUÇ.....	60
KAYNAKÇA	62

Şekiller

Şekil 1: Veri Mühendisliği Pozisyonlarının Tahmini Büyüme Grafiği	7
Şekil 2: Veri Mühendisliği Hizmetlerinin Küresel Pazar Büyüklüğü Grafiği (Milyar USD)	7
Şekil 3: Veri Mühendisliği: Dijitalleşme ve Otomasyonun Birleşimi	8
Şekil 4: Eski Bilgisayarlar ve Makaradan Makaraya Bantların Görseli (IBM)	9
Şekil 5: En Çok Kullanılan Veri Toplama Teknikleri (Vlink)	10
Şekil 6: Veri Mühendislerinin Yıllık Maaş Grafiği	12
Şekil 7: 2025 Yılına Kadar Günlük Veri Üretim Grafiği	13
Şekil 8: Şirketlerin Verileri Değerlendirme Grafiği	13
Şekil 9: Veri Mühendisliği Yaşam Döngüsünü Gösteren Bir Şema	16
Şekil 10: Veri Türlerinin Sınıflandırıldığını Gösteren Şema	24
Şekil 11: Verilerin Oluşturulmasından Yok Edilmesine Kadar Olan Süreci Gösteren Şema	26
Şekil 12: Veri İşleme Süreçlerinde Kullanılan Araçları Gösteren Diyagram	27
Şekil 13: FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)	28
Şekil 14: ABD'de Veri Mühendisliği İş Fırsatlarının 2022-2032 Yılları Arasındaki Tahmini Artışını Gösteren Grafik	30
Şekil 15: Üçüncü Parti Verisi Kullanılarak Pazarlama Kampanyası Maliyet Dağılımını Gösteren Grafik	31
Şekil 16: Büyük Veri Analitiği Kullanımının Şirket Kârlılığı Üzerindeki Artışını Gösteren Grafik	31
Şekil 17: Veri Analitiği Profesyonellerinin Dış Deri Kaynakları Kullanımına İlişkin Görüşlerini Gösteren Grafik	32
Şekil 18: Büyük Veri Analitiği Pazarı'nın 2022-2030 Yılları Arasındaki Tahmini Büyüme Trendini Gösteren Grafik	33
Şekil 19: Dijital Platformlarda Pandemi Dönemi Kullanıcı Artışı	35
Şekil 20: Pandemi Döneminde Dijital Hizmet ve Trafik Kullanımındaki Artış Grafiği	36
Şekil 21: Pandemiyle Bilgi İşlem Ekipmanlarına Yatırımın %20 Arttığını Gösteren Grafik	37
Şekil 22: Pandemi Öncesi ve Sonrası Ar-Ge Yatırım Oranlarını Gösteren Grafik	37
Şekil 23: Kalitesiz Veri Girişi, Kalitesiz Sonuçlar Üretir (Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices, 2024)	39
Şekil 24: 2021 Yılında Lisans Mezuniyet Alanlarına Göre En Yüksek İstihdam Oranlarını Gösteren Grafik	44
Şekil 25: Veri bilimcisi Pozisyonlarının 2015-2020 Yılları Arasında %37 Oranında Büyüdüğünü Gösteren Grafik	44
Şekil 26: Temel Dijital Becerilere Sahip Yetişkin Sayısı %25 Artarak 230 Milyona Ulaştığını Gösteren Şablon (AB)	45
Şekil 27: Yapay Zekâ Benimseyen Kuruluşların Yalnızca %7'sinin Prompt Mühendisleri İstihdam Ettiğini Gösteren Grafik	52
Şekil 28: Hukuk Alanında Prompt Mühendisliğinin Kullanıldığı Alanları Gösteren Şema	55
Şekil 29: 2027'ye Kadar Tahmini 14 Milyon İş Kaybını Gösteren Grafik	59

YÖNETİCİ ÖZETİ

“Veri ve Prompt Mühendisliği Alanında Fırsatlar ve Gelecek Projeksiyonu” başlıklı araştırma raporu, günümüzün dijitalleşen iş dünyasında giderek daha fazla önem kazanan iki temel disiplin olan veri ve prompt mühendisliğini derinlemesine incelemekte; alanların Türkiye ve dünya genelindeki potansiyelini, mevcut durumunu ve geleceğe yönelik projeksiyonlarını kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir.

Rapor, söz konusu disiplinlerin teknik detaylarına inmekle yetinmeyip, aynı zamanda bu alanlarda stratejik yol haritaları oluşturarak organizasyonlar, kamu kurumları ve bireyler için pratik öneriler sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, veri mühendisliğinin ne olduğu ve neden önem taşıdığı gibi temel sorular yanıtlanırken, tarihsel gelişimi ve günümüzdeki rolü detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Veri mühendisliği, organizasyonların veri varlıklarını etkin bir şekilde yönetmelerini ve anlamlı içgörüler elde etmelerini sağlayan temel bir disiplindir. Bu nedenle raporda, veri mühendislerinin sahip olması gereken teknik beceriler ve profesyonel yeterliliklerin yanı sıra, bu alanda yetkin uzmanların nasıl yetiştirileceği de ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Bu kapsamda, veri mühendisliğinin farklı sektörlerdeki uygulama alanları, sağladığı avantajlar ve sağladığı fırsatlar üzerinde durulmuştur.

Bunun yanı sıra rapor, Türkiye ve dünya genelinde veri mühendisliğinin mevcut durumunu değerlendirirken, gelecekteki gelişim eğilimlerini analiz etmekte ve bu alandaki rolün güçlendirilmesi için atılması gereken adımlara dair öneriler sunmaktadır. Kısa, orta ve uzun vadeli stratejik hedefler çerçevesinde, mevcut sistemlerin iyileştirilmesine yönelik yol haritaları da ele alınmaktadır.

Raporun bir diğer temel odağı, yapay zekâ teknolojilerinin, özellikle üretken yapay zekâ modellerinin (LLM'ler) gelişimiyle birlikte ortaya çıkan ve giderek daha fazla önem kazanan prompt mühendisliğidir. Veri mühendisliğiyle yakın ilişkili bu yeni disiplinin değerlendirilmesi, geleceğe dair daha geniş bir perspektif sunmaktadır.

İçerikte, prompt mühendisliğinin tanımı yapılarak bu alanın ortaya çıkış nedenleri, günümüzdeki önemi ve başarılı bir prompt mühendisinin sahip olması gereken nitelikler detaylandırılmıştır. Ayrıca, bu alandaki eğitim olanaklarına, profesyonel gelişim süreçlerine ve farklı sektörlerdeki potansiyel uygulama alanlarına ilişkin kapsamlı değerlendirmelere de yer verilmiştir.

Rapor, Türkiye ve dünya genelinde prompt mühendisliğinin mevcut durumunu analiz etmekte ve bu alandaki gelişmelere dair projeksiyonlar sunmaktadır. Özellikle bu alandaki

fırsatların nasıl değerlendirilebileceği üzerinde durularak stratejik öneriler paylaşmaktadır. Prompt mühendisliğinin mevcut sistemler üzerindeki iyileştirme potansiyeli vurgulanırken, rolünün güçlendirilmesi için atılması gereken adımlar ve hedefler detaylandırılmıştır.

Tüm bu değerlendirmeler boyunca, veri mühendisliği ve prompt mühendisliğinin birbirini tamamlayan ve güçlendiren disiplinler olduğu vurgulanmaktadır. Bu iki alanın etkili bir şekilde entegre edilmesinin, organizasyonlara ve bireylere önemli avantajlar sağlayacağı ifade edilmektedir.

Son olarak, rapor her iki alanın da ekonomik kalkınma, teknolojik inovasyon ve iş gücü piyasasının gelişimine önemli katkılar sağlayacağını vurgulamakta; bu disiplinlere yapılacak yatırımların stratejik önemine dikkat çekmektedir. Türkiye'nin bu alanlarda küresel rekabette öne çıkması için gerekli adımlar; eğitim, araştırma, inovasyon ve iş birliği başlıkları altında özetlenerek somut eylem planları sunulmaktadır.

Bu rapor KOSAM tarafından
özel olarak hazırlanmıştır.
www.kosam.org

1. VERİ MÜHENDİSLİĞİ

1.1. Veri Mühendisliğinin Tanımı ve Önemi

Veri Mühendisliğinin Tanımı

Veri mühendisliği, ham, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerin toplanması, depolanması, uygun formatlara dönüştürülmesi ve analiz edilmesi süreçlerini kapsayan bir bilgi teknolojisi disiplini. Bu disiplin, veri bilimi profesyonellerinin değerli içgörüler elde edebilmesi için gereken altyapıyı sağlar. Veri mühendisliğinin temel unsurları arasında; veri çıkarma, toplama, işleme, depolama, dönüştürme, modelleme, ölçeklendirme, performans yönetimi, veri kalitesi kontrolü, yönetim, güvenlik ve uyumluluk bulunur.

Veri mühendisleri, veri toplama, temizleme, dönüştürme ve belirsizlikleri giderme gibi görevleri üstlenirken, aynı zamanda büyük veri teknolojileri, bulut platformları ve yapay zekâ uygulamaları gibi modern sistemlerin entegrasyonunu sağlar. Bu profesyoneller, veri tüketicileri (veri analistleri, veri bilimcileri, iş liderleri vb.) için verileri erişilebilir ve analiz edilebilir hale getirir.

Veri Mühendisliğinin Önemi

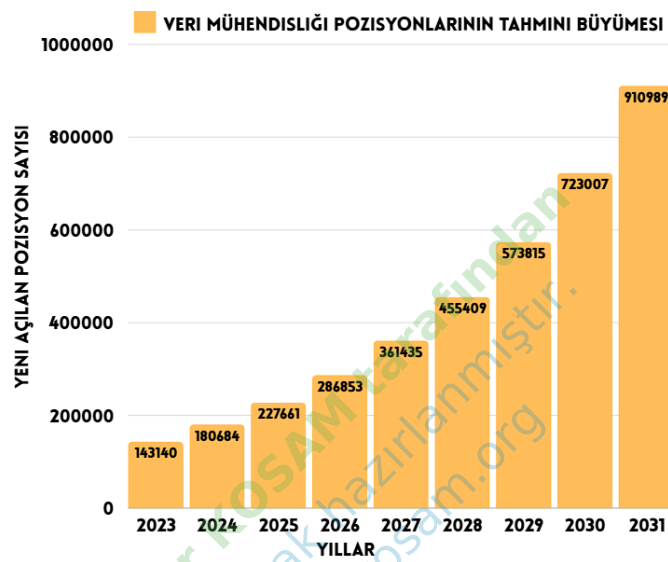
Veri mühendisliğinin önemi, işletmelerin ve kurumların karşılaştığı veri yönetimi zorluklarıyla doğrudan bağlantılıdır. Özellikle iletişim hizmet sağlayıcıları gibi büyük veri hacimlerine sahip sektörlerde kritik bir rol oynar. Veri mühendisliğine yapılan yatırımlar, şirketlerin veri kalitesi ve güvenliği konusunda yaşayabileceği sorunları önler, veri analizindeki gecikmeleri azaltır ve rekabet avantajı sağlar (Hearn & Tzankov, 2023).

Veri mühendisliğine yatırım yapılmaması, şirketler için veri kalitesi sorunları, güvenlik riskleri, veri analizinde gecikmeler ve karar verme süreçlerinde yavaşlamalar gibi çeşitli riskler doğurabilir.

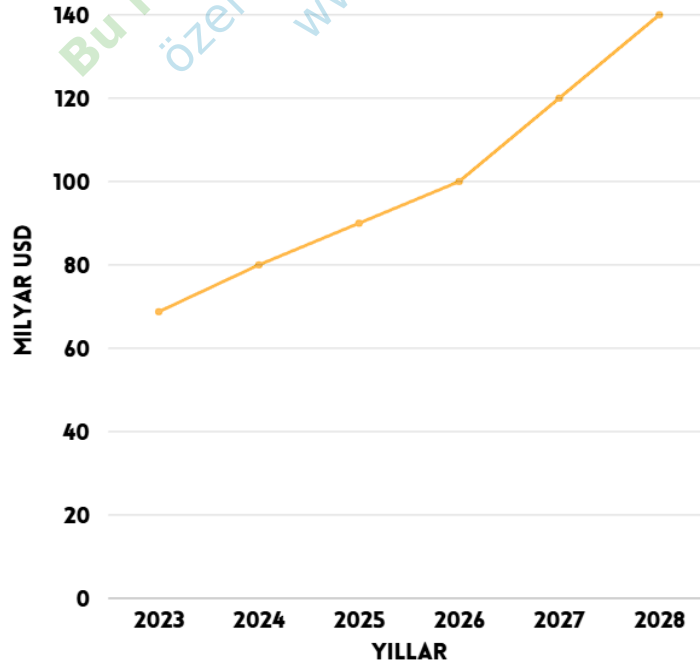
Özellikle yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojilerinin yükselişi, veri mühendisliği altyapısına olan ihtiyacı daha da artırmaktadır. Yapay zekâ uygulamaları, yüksek kalitede ve iyi yönetilmiş veri setlerine büyük ölçüde bağımlıdır. Bu bağlamda, veri mühendisliği, bu sistemlerin başarılı bir şekilde geliştirilmesi ve uygulanması için temel teşkil etmektedir (Arya, 2023).

İstatistiklere göre, ABD'de veri mühendisi pozisyonlarında 2023-2031 yılları arasında yıllık %26'lık bir artış beklenmektedir. Bu, her yıl 143.400 yeni açık pozisyon anlamına gelmekte

ve veri mühendisliğine olan talebin ne kadar hızlı arttığını göstermektedir (Data Engineering Explained | MongoDB, n.d.). Ayrıca, veri mühendisliği hizmetlerinin küresel pazar büyüklüğünün 2023 yılında 68,76 milyar dolar olduğu ve 2028 yılına kadar 140,60 milyar dolara ulaşmasının beklendiği belirtilmektedir (Nayak, 2023). Bu büyüme, şirketlerin veri yönetimi ve veri mühendisliğine verdikleri önemin arttığını, bu alanlarda yatırım yaptıklarını göstermektedir.



Şekil 1: Veri Mühendisliği Pozisyonlarının Tahmini Büyüme Grafiği



Şekil 2: Veri Mühendisliği Hizmetlerinin Küresel Pazar Büyüklüğü Grafiği (Milyar USD)

Veri mühendisliği, sektörlerde şeffaflığı sağlamada kilit bir rol oynar. Verilerin toplanması, temizlenmesi ve analize hazır hale getirilmesi, şirketlerin iç ve dış paydaşlarıyla güvenilir

bilgi paylaşmasını sağlar. Bu süreç, şirketlerin operasyonel faaliyetlerinde şeffaflık ve hesap verebilirlik düzeylerini artırır.



Şekil 3: Veri Mühendisliği: Dijitalleşme ve Otomasyonun Birleşimi

Veri mühendisliği modern iş dünyasında kritik bir role sahiptir. Şirketlerin veri odaklı karar verme süreçlerinde kilit bir yer tutan bu disiplin, veri demokratikleşmesi sürecinde de etkilidir (How Data Engineering Will Change in 5 Years, 2024). Veri demokratikleştirmesi, veriye erişimin ve kullanımın, belirli bir grup veya departmanla sınırlı kalmaksızın, organizasyon genelinde yaygınlaştırılması sürecidir. Bu süreç iş değerini oluşturur ve rekabet avantajı sunar. Gelecekte, teknolojik gelişmelerle birlikte veri mühendisliğinin önemi daha da artacak ve veri mühendisleri, yeni beceriler edinerek değişen teknoloji ortamına sürekli olarak uyum sağlayacaklardır.

1.2. Veri Mühendisliğinin Gelişimi ve Mevcut Durumu

1.2.1. Veri Mühendisliğinin Tarihsel Gelişimi

Veri mühendisliği, teknolojinin ve iş dünyasının değişen ihtiyaçları doğrultusunda sürekli gelişme halinde olan dinamik bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu alanın tarihsel gelişimine ve güncel durumuna yakından baktığımızda genel itibarıyla beş safhada değerlendirmek açıklayıcı olacaktır:

Erken Dönem (1960'lar- 1980'ler)

Veri mühendisliğinin kökleri, 1960'larda dosya tabanlı sistemlerin kullanımına dayanmaktadır. Bu dönemde veriler fiziksel formatlarda saklanıyordu ve veri yönetimi oldukça basit bir yapıya sahipti. 1970'lerde ise veri yönetiminde devrim niteliğinde bir gelişme olarak ilişkisel veri tabanlarını ortaya çıktı. Dr. E.F. Codd'un ilişkisel modeli, verilerin tablolar halinde organize edilmesine ve bu tablolar arasında ilişkiler kurulmasına olanak tanıdı. Bu modelle birlikte SQL geliştirildi ve veri tabanlarıyla etkileşim şeklimiz köklü bir şekilde değişti (Krishna, 2023).

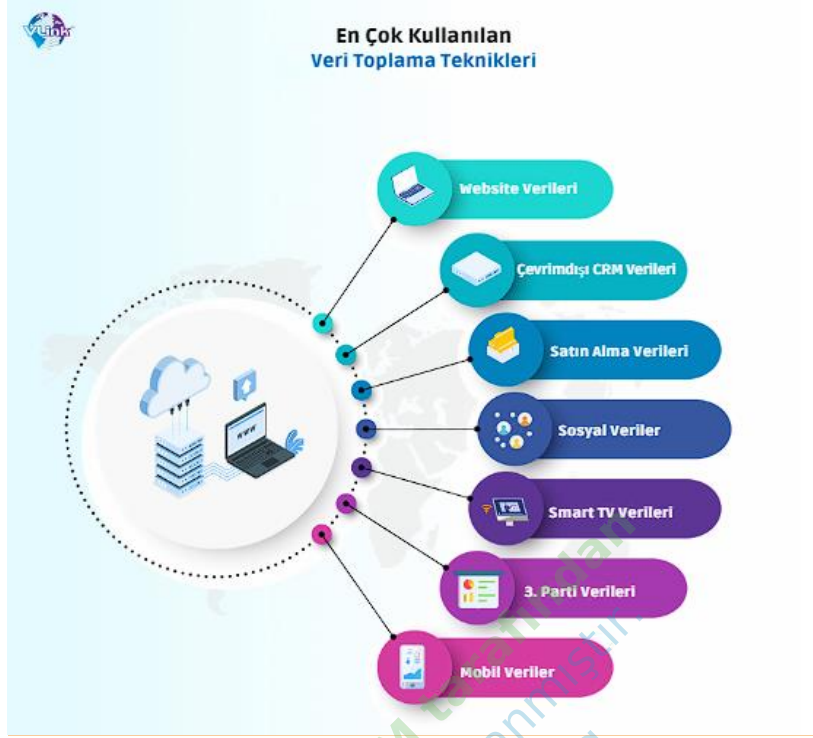
1980'lere gelindiğinde, kişisel bilgisayarların ve ağların yaygınlaşması, veri yönetimini daha erişilebilir hale getirdi. Bu dönemde, ilk veri tabanı yönetim sistemleri geliştirildi ve veri yönetimi daha sistematik bir hal almaya başladı.



Şekil 4: Eski Bilgisayarlar ve Makaradan Makaraya Bantların Görseli (IBM)

Veri Ambarları ve İş Zekâsı Dönemi (1990'lar)

1990'larda organizasyonlar, verinin karar verme süreçleri üzerindeki potansiyel etkisini fark etmeye başladı. Bu dönemde veri ambarları kavramı ortaya çıktı. Veri ambarları, çeşitli kaynaklardan gelen verilerin iş zekâsı (BI) görevleri için konsolide edildiği merkezi depolar olarak tasarlandı. Bu gelişme, veri mühendisliğinin stratejik önemini artırdı ve veri analizi süreçlerini daha uygulanabilir hale getirdi (Nijhawan, 2023).



Şekil 5: En Çok Kullanılan Veri Toplama Teknikleri (Vlink)

Büyük Veri Devrimi (2000'ler)

2000'lerin başında, büyük veri çağı başladı. Veri hacmi, hızı ve çeşitliliği artarken, geleneksel veri yönetim yöntemleri yetersiz kalmaya başladı. Bu dönemde Apache Hadoop gibi büyük hacimli verilerin depolanması ve yönetilmesi ile ilgili teknolojiler geliştirildi, bu da büyük veri setlerini depolamak ve işlemek için yeni olanaklar sağladı. NoSQL veri tabanlarının yükselişi, yapılandırılmamış verilerin işlenmesini kolaylaştırdı (Guide, n.d.).

Bulut Bilişim ve Veri Gölleri (2010'lar)

2010'larda, bulut bilişimin yükselişi veri mühendisliğini farklı bir boyuta taşıdı. AWS, Azure ve Google Cloud gibi platformlar, ölçeklenebilir altyapılar sağlayarak veri depolama ve işleme kapasitesini artırdı. Bu dönemde organizasyonlar geleneksel veri ambarlarından daha esnek olan veri göllerine geçmeye başladı. Veri gölleri, ham verilerin orijinal formatlarında depolanmasına olanak tanıyarak veri bilimcilere ve analistlere daha fazla esneklik sağladı (Krishna, 2023).

Güncel Durum ve Gelecek Trendleri (2020'ler ve Sonrası)

Günümüzde veri mühendisliği, organizasyonların veri stratejilerinin merkezinde yer almaktadır. Son zamanlarda gerçek zamanlı veri işleme konusu önemli bir trend haline gelmiştir. Apache Kafka ve Spark Streaming gibi teknolojiler, verileri anlık olarak organize

ederek şirketlerin anlık kararlar almasına yardımcı olmaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, bir e-ticaret sitesi, müşterilerinin davranışlarını anında analiz edebilmekte ve kişiselleştirilmiş öneriler sunabilmektedir.

Bu gelişmelerle bağlantılı olarak, makine öğrenimi entegrasyonu da veri altyapısını yeniden şekillendirmektedir. Veri mühendisleri, yapay zekâ modellerinin ihtiyaç duyduğu kaliteli veriyi hazırlayıp işleyerek bu süreçte katkıda bulunurlar.

Veri işleme süreçlerinin otomasyonu ve DataOps yaklaşımı da güncel bir trend olarak öne çıkmakta ve verimliliği artırmaktadır. Bu sayede, veri ekipleri rutin işlerle uğraşmak yerine, daha özgün projelere odaklanabilmektedir. Örneğin, otomatikleştirilmiş veri kontrolleri sayesinde, hataların hızlıca tespit edilmesi ve yalnızca onay komutlarıyla düzeltilmesi mümkün olmaktadır.

Veri demokratikleşmesi de bu alanda hatırı sayılır bir trend olarak göze çarpmaktadır. Bu süreç veri kullanımını şirket geneline yaymaktadır. Veri mühendisleri, pazarlama veya satış gibi farklı departmanların kendi analizlerini yapabilmesi için kullanıcı dostu araçlar geliştirmektedir. Bu sayede, veri odaklı karar alma süreci şirketin tüm birimlerine yayılabilmektedir.

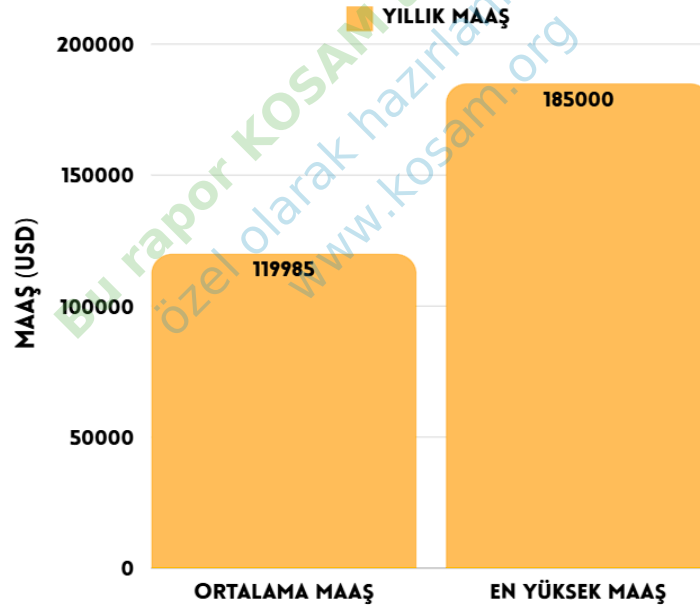
Çoklu bulut stratejileri her geçen gün giderek güçlenen bir trend olarak, veri depolama ve işleme konusunda esneklik sağlamaktadır. Veri mühendisleri, farklı bulut platformları arasında veri taşıma ve yönetme konusunda uzmanlaşmaktadır. Bu yaklaşım, şirketlerin tek bir bulut sağlayıcısına bağımlı kalmasını önlemekte ve maliyet optimizasyonu sağlamaktadır.

Son olarak, yapay zekâ ve üretken yapay zekâ alanlarındaki gelişmelerin günümüz veri mühendisliği üzerindeki etkisi ele alındığında, bu teknolojilerin veri üretimi ve analizinde yeni olanaklar sunduğu söylenebilmektedir. Veri mühendisleri, bu teknolojileri kullanarak daha önce çok karmaşık ve uygulaması pek mümkün olmayan analizleri gerçekleştirebilmektedir. Örneğin, müşteri hizmetlerinde chatbotlar aracılığıyla insan müdahalesine gerek kalmadan müşteri sorularını doğru verilerle eşleştirmek mümkün hale gelmiştir (Arya, 2023). Genel olarak bakıldığında, veri mühendisliği günümüzde farklı sektörlerde vazgeçilmez bir rol oynamakta olup, önümüzdeki yıllarda da gelişimini sürdüreceği öngörülmektedir.

1.2.2. Küresel Bağlamda Veri Mühendisliğinin Mevcut Durumu

Veri mühendisliği, dünya genelinde hızla büyüyen ve talep gören bir kariyer alanı haline gelmiştir. Büyük Veri ve Veri Mühendisliği Hizmetleri pazarının 2023 yılında 68,76 milyar dolar olduğu ve 2028 yılında 140,60 milyar dolara ulaşmasının beklendiği belirtilmektedir. Bu büyüme, şirketlerin veri yönetimi ve veri mühendisliğine yatırım yaptıklarını göstermektedir.

LinkedIn verilerine göre, 2021 yılında veri mühendisliği yükselişte olan meslekler arasında yer almıştır ve ABD'de 2023-2031 yılları arasında veri mühendisi pozisyonlarında yıllık %26'lık bir artış öngörülmektedir. Bu durum, veri mühendisliğinin gelecekte de önemini koruyacağını ortaya koymaktadır. Ortalama yıllık maaşın 119.985 dolar olduğu ve bazı veri mühendislerinin yılda 185.000 dolara kadar kazanabildiği bu alan, diğer mühendislik dallarına kıyasla yüksek maaş seviyeleriyle dikkat çekmektedir.



Şekil 6: Veri Mühendislerinin Yıllık Maaş Grafiği

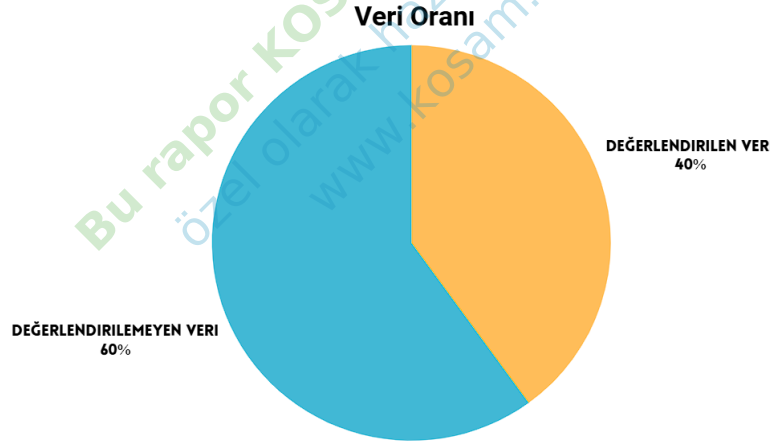
Teknolojik gelişmeler, veri mühendisliğinin sürekli evrim geçirmesini sağlarken, bulut bilişim, büyük veri teknolojileri, yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi alanların gelişimi, veri mühendisliğinin kapsamını ve önemini artırmaktadır. Finans, lojistik, teknoloji, sağlık, perakende ve kamu sektörü gibi çeşitli endüstrilerde kritik bir rol oynayan veri mühendisliği, geniş kullanım alanı sayesinde giderek daha fazla talep görmektedir.

2025 yılına kadar günde 463 exabyte veri üretileceği tahmin edilmektedir. Bu muazzam veri hacmi ve artan veri çeşitliliği, veri mühendislerine olan ihtiyacı kaçınılmaz olarak artıracaktır (What Is a Data Engineer? A Guide to This In-Demand Career, 2024).



Şekil 7:2025 Yılına Kadar Günlük Veri Üretim Grafiği

Günümüzde, şirketlerin çoğu topladıkları verinin sadece %40'ını değerlendirebilmektedir. Şirketler, veri odaklı karar verme süreçlerini benimsedikçe bu oranı artırmak isteyecek ve bu konuda veri mühendislerine başvuracaklardır (Nijhawan, 2023).



Şekil 8:Şirketlerin Verileri Değerlendirme Grafiği

1.2.3. Türkiye Bağlamında Veri Mühendisliğinin Mevcut Durumu

Türkiye'de veri mühendisliği, küresel trendlere paralel olarak gelişmekte ve önem kazanmaktadır. Türkiye'deki şirketler, veri odaklı karar vermenin önemini giderek daha fazla anlamakta ve veri mühendisliğine yatırım yapmaktadır. Özellikle büyük ölçekli şirketler ve fintech girişimleri, veri mühendisliği alanında öncü rol oynamaktadır.

Türkiye'deki üniversiteler, veri bilimi ve veri mühendisliği alanlarında programlar açmaya başlamıştır. Ancak, sektörün ihtiyaç duyduğu nitelikli iş gücü talebini karşılamak için daha fazla eğitim ve yetiştirme programına ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'deki şirketler, dijital

dönüşüm süreçlerini hızlandırmakta ve bu süreçte veri mühendisliğine önemli bir yer ayırmaktadır. Özellikle bankacılık, telekomünikasyon ve e-ticaret sektörlerinde veri mühendisliği uygulamaları yaygınlaşmaktadır.

Türkiye'de veri odaklı start-upların sayısı artmaktadır. Bu girişimler, veri mühendisliği alanında yenilikçi çözümler geliştirmekte ve sektörün büyümesine katkı sağlamaktadır. Kamu sektörü de veri mühendisliğinin önemini farkına vararak adımlar atmaya başlamıştır. E-devlet uygulamaları ve akıllı şehir projeleri, veri mühendisliği becerilerine olan ihtiyacı kamuda da artırmaktadır. Türkiye'de Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) gibi düzenlemeler, veri mühendislerinin veri gizliliği ve güvenliği konularında da uzmanlaşmasını gerektirmektedir.

Türkiye'de bulut teknolojilerinin benimsenmesi, veri mühendisliği uygulamalarının yaygınlaşmasını hızlandırmaktadır. Ancak, bazı sektörlerde veri lokalizasyonu gereksinimleri, bulut tabanlı çözümlerin kullanımını sınırlayabilmektedir. Türkiye'deki şirketler, veri analizi ve iş zekâsı uygulamalarına giderek daha fazla önem vermektedir. Bu durum, veri mühendisliği becerilerine olan talebi artırmaktadır. Türkiye'de yapay zekâ ve makine öğrenimi alanlarına ilgi sürekli olarak artmaktadır. Artan bu ilginin arka planındaki etkenlerden biri, toplumsal bir etkiye sahip olan Teknofest organizasyonudur. Bu ilginin artması, veri mühendisliği becerilerine olan talebi de doğal olarak artırmaktadır. Veri mühendisleri, bu teknolojilerin altyapısını oluşturmada kritik bir rol oynamaktadır.

Şunu da belirtmek gerekir ki hem küresel ölçekte hem de Türkiye'de veri mühendisliği alanında bazı zorluklar da bulunmaktadır. Nitelikli iş gücü eksikliği, hızla değişen teknolojilere ayak uydurma zorluğu, veri güvenliği ve gizliliği konularındaki endişeler ve organizasyonların veri kültürünü benimseme sürecindeki zorluklar, alanın gelişimini zaman zaman etkileyebilmektedir.

1.3. Veri Mühendisliğinin Eğitimi ve Gereken Nitelikler

1.3.1. Veri Mühendisliği Eğitimi ve Mesleki Gelişim Yolları

Büyük miktarlarda veriyi toplama, depolama, işleme ve analiz etme konusunda uzmanlaşmış mühendislerin yetişmesi için kapsamlı bir eğitim ve sürekli mesleki gelişim gerekmektedir.

Veri mühendisliği kariyerine sağlam bir temel atmak için üniversite eğitimi büyük önem taşır. Bilgisayar bilimi, uygulamalı matematik, yazılım mühendisliği veya veri bilimi gibi alanlarda lisans derecesi, temel bilgi ve becerileri kazanmak için ideal bir başlangıç

noktasıdır. Bazı durumlarda, bilgisayar bilimi veya bilgisayar mühendisliği alanında yüksek lisans yapmak, kariyer gelişimi için ek avantajlar sağlayabilir. Bu formal eğitim süreci, nitelikli bir mühendisin yetişmesi için temel programlama dilleri ve veri tabanı sistemleri hakkında derin bilgi edinilmesini sağlayan önemli bir süreçtir.

Programlama becerilerinin geliştirilmesi, veri mühendisliği eğitiminin en kritik bileşenlerinden biridir. Python, SQL, Java, R ve Scala gibi dillerde yetkinlik kazanmak, veri işleme ve analiz süreçlerinde büyük avantaj sağlar. Özellikle Python ile SQL, veri mühendisliği için öne çıkan araçlardır. Bu dillerde ustalaşmak, veri manipülasyonu, analizi ve görselleştirmesi için gerekli olan esneklik ile gücü sağlar (Data Engineering: A Key Investment for Business Success, 2023).

Veri tabanı sistemleri konusunda edinilecek bilgi ise, veri mühendisleri için olmazsa olmaz sayılabilecek bir niteliktir. İlişkisel veri tabanları ve NoSQL veri tabanları hakkında kapsamlı bir altyapıya sahip olmak, mühendislere farklı veri yapıları ve sorgulama tekniklerini etkin bir şekilde kullanabilme yeteneği kazandırır. Bu bilgi, veri depolama, erişim ve yönetim stratejilerinin tasarlanması/uygulanması için temel teşkil eder.

Temel eğitimin ardından, veri mühendisleri ileri düzey teknolojiler ve uzmanlık alanlarında kendilerini geliştirmelidir. Büyük veri teknolojileri, bu aşamada kritik öneme sahiptir. Hadoop ve Spark gibi araçlar, büyük ölçekli veri işleme ve analiz için vazgeçilmez hale gelmiştir. Bu teknolojilerde deneyim kazanmak, veri mühendislerinin karmaşık veri ekosistemlerini yönetme ve optimize etme yeteneklerini önemli ölçüde artırır.

Bulut bilişim platformları, modern veri mühendisliğinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bulut sistemlerinde çalışma becerisi geliştirmek, ölçeklenebilir ve esnek veri çözümleri oluşturma konusunda büyük avantaj sağlar. Bu sistemlerin sunduğu hizmetleri ve araçları etkin bir şekilde kullanabilmek, veri mühendislerinin iş değerini önemli ölçüde artıracaktır.

ETL (Extract, Transform, Load) süreçleri ve veri entegrasyonu, veri mühendisliğinin temel taşlarından biridir. Bu alanda elde edilebilecek uzmanlıklar, farklı kaynaklardan gelen verileri etkili bir şekilde birleştirme, dönüştürme ve hedef sistemlere yükleme yeteneği kazandırır. Veri kalitesinin sağlanması, veri akışlarının optimize edilmesi için bu beceriler son derece önemlidir.

Veri modelleme ve mimari tasarım becerileri, veri mühendisleri için kritik öneme sahip becerilerdir. Veri ambarı tasarımı, sorgu optimizasyonu, şema modelleme gibi konularda derinlemesine bilgi sahibi olmak, veri altyapılarının etkin ve verimli bir şekilde

tasarlanmasını sağlayacaktır. Bu beceriler, büyük ölçekli veri projelerinin sürdürülebilir başarıları için hayati önem taşımaktadır (Christan et al., 2018).



Şekil 9: Veri Mühendisliği Yaşam Döngüsünü Gösteren Bir Şema

Veri güvenliği ve gizlilik konuları, günümüzün dijital dünyasında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Veri mühendisleri de bu konuyu göz ardı etmemelidirler. Mühendisler, veri koruma yöntemleri, şifreleme teknikleri, erişim kontrolü ve düzenleyici gereksinimlere uyum konularında uzmanlık geliştirmelidir. Bu alan, kuruluşların hassas verilerini korumalarına ve yasal yükümlülüklerini yerine getirmelerine yardımcı olmaktadır.

Veri mühendisleri makine öğrenimi, yapay zekâ alanında da yetiştirilmelidir. Temel makine öğrenimi algoritmaları ve yapay zekâ hakkında bilgi sahibi olmak; veri mühendislerinin veri bilimcileriyle daha etkili iş birliği yapmalarına, daha gelişmiş veri çözümleri oluşturmalarına katkıda bulunur.

Tüm bunlarla beraber dijital dünyanın hızlı değişimine sürekli bir adaptasyon sağlanmalıdır. Bu sebeple kuruluşlar mühendislerin yeni teknolojileri yakalayabilmeleri adına onlara alacakları güncel eğitimler konusunda esneklik göstermelidir. Çevrimiçi kurslar, bu noktada mükemmel bir kaynak sunmaktadır. Coursera ve O'Reilly gibi platformlarda sunulan eğitimler, güncel bilgi, becerileri edinmek için esnek ve erişilebilir fırsatlar sağlar. Bu kurslar, yeni teknolojileri öğrenmek veya mevcut becerileri geliştirmek için ideal bir yoldur.

Sertifikasyon programları, veri mühendislerinin uzmanlıklarını belgelemelerine ve kariyer fırsatlarını artırmalarına olanak tanır. IBM, Cloudera, Google Cloud, AWS gibi kuruluşların

sunduğu sertifikalar, endüstri standartlarına uygun bilgi ve becerilere sahip olduğunu gösterir. Bu sertifikalar, şirketler için akredite sertifikalar olarak kabul edilebilir (Gillis, n.d.).

Veri mühendisliği sadece teknik becerilerden ibaret değildir. Analitik düşünme ve problem çözme becerileri, karmaşık veri sorunlarını çözmek için hayati öneme sahiptir. Bu beceriler, veri ekosistemlerindeki karmaşık ilişkileri anlama, sorunları hızlı bir şekilde teşhis etme ve etkili çözümler üretme yeteneği kazandırır. Benzer şekilde iletişim becerileri de veri mühendislerinin başarısı için son derece önemlidir. Teknik konuları teknik olmayan paydaşlara aktarabilme yeteneği, projelerin başarısı ve iş değeri oluşturma açısından kritik bir konumdur.

Son olarak tecrübe edinimi; yani teorik bilgiyi pratiğe dökerek, gerçek dünya projelerinde çalışarak pratik deneyim kazanmak, teorik bilgilerin pekiştirilmesini ve iş dünyasında karşılaşılan zorlukların üstesinden gelme becerilerinin geliştirilmesini sağlar. Edinilen tecrübelerin açık kaynak platformlarında paylaşılması da ekosistem oluşumu için oldukça değerlidir.

1.3.2. Veri Mühendislerinin Sahip Olması Gereken Temel Nitelikler

Programlama Becerileri

- Python: Veri işleme, analiz ve makine öğrenimi için vazgeçilmez bir programlama dilidir.
- SQL: İlişkisel veri tabanlarını sorgulama ve yönetme konusunda uzmanlık kazandırır.
- Java, Scala: Büyük veri teknolojileriyle çalışmak için önemli dillerden biridir.
- R: İstatistiksel analiz ve veri görselleştirme için kullanışlı bir araçtır.

Veri Tabanı Sistemleri Bilgisi

- İlişkisel Veri Tabanları: MySQL, PostgreSQL gibi sistemlerde bilgi sahibi olunmalıdır.
- NoSQL Veri Tabanları: MongoDB, Cassandra gibi ölçeklenebilir çözümlerde deneyim kazanılmalıdır.
- Veri ambarı tasarımı ve yönetimi konusunda uzman olunmalıdır.

Büyük Veri Teknolojileri Uzmanlığı

- Hadoop Ekosistemi: HDFS, MapReduce, YARN gibi bileşenler anlaşılmalı ve kullanılmalıdır.
- Apache Spark: Büyük ölçekli veri işleme için temel bir araçtır ve öğrenilmelidir.
- Streaming Teknolojileri: Apache Kafka, Apache Flink gibi gerçek zamanlı veri işleme araçlarına hâkim olunmalıdır.

ETL (Extract, Transform, Load) Süreçlerine Hakimiyet

- Veri entegrasyonu ve dönüşümü konusunda uzmanlık kazanılmalıdır.

- Apache Airflow, Luigi gibi iş akışı yönetim araçlarını kullanma becerisi edinilmelidir.

Bulut Bilişim Platformları Deneyimi

- AWS (Amazon Web Services): S3, Redshift, EMR gibi servisler kullanılabilir.
- Microsoft Azure: Azure Data Lake Storage, Azure Synapse Analytics gibi hizmetlerde deneyim elde edilmelidir.
- Google Cloud Platform: BigQuery, Dataflow gibi araçları kullanma becerisi edinilmelidir.

Veri Modelleme ve Mimari Tasarım Becerileri

- Veri ambarı şemaları tasarlanabilir.
- Veri gölü (data lake) mimarileri oluşturulabilir.
- Lambda ve Kappa mimarileri anlaşılmalı ve uygulanmalıdır.

Veri Güvenliği ve Gizlilik Konularında Uzmanlık

- Veri şifreleme teknikleri öğrenilmelidir.
- GDPR, CCPA gibi veri koruma düzenlemelerine hâkim olunmalıdır.
- Erişim kontrolü ve kimlik doğrulama mekanizmalarını uygulama becerisi edinilmelidir.

Makine Öğrenimi ve Yapay Zekâ Entegrasyonu

- Temel ML algoritmaları anlaşılmalıdır.
- ML modellerini üretim ortamına entegre etme becerisi kazanılmalıdır.
- MLOps (Machine Learning Operations) prensiplerine hâkim olunmalıdır.

Veri İşleme ve Analiz Becerileri

- Büyük veri kümelerini temizleme ve düzenleme becerisi elde edilmelidir.
- Keşifsel veri analizi (EDA) yapabilmelidir.
- Veri kalitesi kontrolü ve iyileştirme tekniklerine hâkim olunmalıdır.

İş Zekâsı ve Veri Görselleştirme

- Tableau, Power BI gibi BI araçlarını konfigüre edebilmeli ve kullanabilmelidir.
- Veri hikayeleştirme ve etkili raporlama yapabilmelidir.

Ek Nitelikler

- Analitik düşünme ve problem çözme becerilerine sahip olmalıdır.
- Etkili iletişim: Teknik konuları teknik olmayan paydaşlara aktarabilmelidir.

1.4. Veri Mühendislerinin Roller ve Sorumlulukları

1.4.1. Veri Mühendisliği Türleri

Veri mühendisliği, teknoloji ve veri hacmindeki hızlı gelişmelerle birlikte, organizasyonların farklı ihtiyaçlarına uygun çeşitli uzmanlık alanlarına ayrılmıştır. Bir veri mühendisi genel itibarıyla bu uzmanlık alanlarının pek çoğu hakkında operasyonel kabiliyete sahip olarak

yetişmektedir. Ancak özel projelerde uzmanlaşmış veri mühendisleri verimi önemli ölçüde artırabilir. Bu başlık altında, veri mühendisliğinin farklı uzmanlık alanları ele alınacaktır. Burada ele alınan uzmanlık alanları veri mühendislerinin tüm alanlarını kapsamamaktadır. Ancak burada sözü geçen uzmanlık alanlarını tanımak geri kalan alanlar için de bir bakış açısı sunacaktır.

Genel Veri Mühendisleri

Genel veri mühendisleri, küçük ve orta ölçekli işletmelerin tüm veri altyapı ihtiyaçlarını karşılayabilirler. Bu mühendisler, veri toplama, işleme ve basit makine öğrenimi algoritmaları ile çalışarak uçtan uca veri yönetimi süreçlerini tasarlar ve uygular. Geniş bir yelpazede veri ihtiyaçlarını karşılayarak, organizasyonların veri temelli kararlar almasına katkıda bulunurlar (DigitalDefynd, n.d.).

Veri Boru Hattı Odaklı Mühendisler

Büyük veri sistemlerinde, veri boru hatlarının oluşturulması, bakımı ve otomasyonu, veri boru hattı odaklı mühendislerin temel görevidir. Bu uzmanlar, dağıtık sistemler üzerinde veri akışını optimize ederek, karmaşık veri bilimi projelerinde kritik rol oynarlar. Apache Kafka ve Apache Spark gibi ileri teknoloji araçlarla çalışan veri mühendisleri bu alanda uzmanlaşmış olanlardır.

Veri Tabanı Merkezli Mühendisler

Veri tabanı merkezli mühendisler, veri analitik araçları ve platformlarının uygulanması konusunda uzmanlaşmıştır. İlişkisel ve NoSQL veri tabanları konusunda tecrübe sahibi olan bu mühendisler, analitik veri tabanlarının performans optimizasyonunu sağlar ve sistemlerin verimli bir şekilde çalışmasını temin ederler.

Bulut Veri Mühendisleri

Bulut veri mühendisleri, AWS, Azure ve GCP gibi bulut platformlarında uzmanlaşarak, bulut tabanlı veri depolama, işleme ve analiz çözümleri tasarlar. Bu mühendisler, ölçeklenebilir ve maliyet etkin veri altyapıları oluşturarak, organizasyonların esnek ve dinamik veri çözümlerine ulaşmasını sağlar (DataPillar, n.d.).

Büyük Veri Mühendisleri

Büyük veri mühendisleri, Hadoop ve Spark gibi büyük veri teknolojileri üzerinde çalışarak, petabayt ölçeğindeki çok büyük verileri işleyebilen sistemler tasarlar ve yönetir. Dağıtık

sistemler ve paralel işleme konularındaki uzmanlıkları sayesinde, büyük veri ortamlarında yüksek performanslı çözümler üretirler.

Gerçek Zamanlı Veri Mühendisleri

Gerçek zamanlı veri mühendisleri, streaming veri işleme ve gerçek zamanlı analitik üzerine odaklanarak, anlık veri akışlarını yönetir ve işler. Apache Kafka ve Apache Flink gibi teknolojilerle çalışarak, IoT ve finans sektörlerinde önemli roller üstlenir ve hızlı veri akışı gerektiren uygulamalarda etkin çözümler üretmeye çalışırlar.

Makine Öğrenimi için Veri Mühendisleri

Makine öğrenimi için veri mühendisleri, makine öğrenimi modellerinin eğitimi ve dağıtımı için gerekli veri altyapısını hazırlar. Model performans optimizasyonu gibi konularda uzmanlaşan bu mühendisler, veri bilimcilerle iş birliği içinde çalışır (Krishna, 2023).

Veri Güvenliği ve Uyumluluk Mühendisleri

Veri güvenliği ve uyumluluk mühendisleri, veri koruma, şifreleme, erişim kontrolü ve uyumluluk konularında uzmanlaşır. Yerelde KVKK, uluslararası platformlarda da GDPR ve HIPAA gibi kanuni düzenlemelere uygun veri yönetimi sistemleri tasarlayarak, organizasyonların yasal gereklilikleri karşılamasına yardımcı olurlar.

Veri mühendisliği alanında uzmanlaşmak isteyen profesyonellerin, yukarıda bahsedilen uzmanlık alanlarını göz önünde bulundurarak ilgi alanlarına ve endüstri taleplerine uygun yetkinlikler geliştirmesi büyük önem taşımaktadır. Organizasyonlar ise veri stratejilerine uygun veri mühendisliği uzmanlıklarını belirleyerek, veri yönetiminde etkin çözümler elde edebilirler. Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte, veri mühendisliğinde yeni uzmanlık alanlarının ortaya çıkması da kaçınılmazdır. Bu nedenle, sürekli öğrenme ve adaptasyon hem profesyoneller hem de organizasyonlar için kritik bir başarı faktörü olarak öne çıkmaktadır.

1.4.2. Veri Mühendisliği ve Veri Bilimi Karşılaştırması

Veri mühendisleri, veri altyapısının tasarımı, inşası ve yönetiminden sorumludur. Çeşitli veri toplama, depolama ve işleme sistemlerini kurar ve optimize ederler. ETL (Extract, Transform, Load) süreçlerini geliştirip yönetirken, veri boru hatlarını da tasarlayarak veri kalitesini, güvenliğini ve erişilebilirliğini sağlarlar. Ayrıca, büyük veri teknolojileri ve bulut platformları üzerinde çalışarak verinin ölçeklenebilirliğini ve sürdürülebilirliğini temin ederler.

Veri bilimciler ise hazırlanan veriyi kullanarak analiz yapar ve modeller oluşturur. Makine öğrenimi ve veri madenciliği tekniklerini uygulayarak istatistiksel analizler gerçekleştirirler. Veri görselleştirme ve raporlama yaparak iş problemlerine veri odaklı çözümler geliştirirler. Veri mühendisleri ve veri bilimciler, birbirini tamamlayan rolleriyle yakın iş birliği içinde çalışırlar.

Veri mühendisleri, veri bilimcilerin çalışmalarını destekleyen altyapıyı sağlar. Öncelikle çeşitli kaynaklardan veri toplama, temizleme ve işleme süreçlerini yürütürler. İşlenmiş veriyi veri ambarları veya veri gölleri gibi merkezi depolarda saklayarak, veri bilimcilerin erişimine sunarlar. Veri bilimciler ise, bu verilere dayanarak analizler yapar ve modeller geliştirir. Veri mühendisleri, veri bilimcilerin geliştirdiği bu modelleri üretim ortamına taşır ve ölçeklendirir, böylece verinin iş değeri oluşturma süreci tamamlanmış olur.

Veri mühendisleri genellikle nispeten daha geniş bir teknik yelpazede çalışırken, veri bilimciler belirli alanlarda derinlemesine uzmanlık geliştirir (Cristan et al., 2022).

Veri mühendisliği ve veri bilimi, modern veri ekosisteminin ayrılmaz parçalarıdır. Veri mühendisleri, veri bilimcilerin daha üretken olmalarını ve asıl uzmanlık alanlarına odaklanmalarını sağlar. Bu iki alanın etkin iş birliği, organizasyonların veri potansiyellerini tam olarak kullanmalarını ve veri odaklı karar verme süreçlerini geliştirmelerini sağlar. Organizasyonlar, veri stratejilerini geliştirirken hem veri mühendisliği hem de veri bilimi yeteneklerine yatırım yapmalı ve bu iki alanın sinerji içinde çalışmasını sağlamalıdır.

1.4.3. Veri Mühendisleri ile Klasik Yazılım Mühendisleri Arasındaki Fark

Klasik yazılım mühendisleri, genel uygulama geliştirme ve yazılım mimarisi konularında derinlemesine bilgi sahibidir. Algoritma ve veri yapıları üzerinde çalışarak, web ve mobil uygulama geliştirmede uzmanlaşırlar. Yazılım test ve kalite güvencesi konularında etkin bir rol üstlenirler ve yazılım yaşam döngüsü yönetimi konusunda beceri sahibidirler.

Veri mühendisleri işleri gereği daha çok Python, Scala ve R gibi yazılım dillerini kullanırken klasik yazılım mühendisleri, Java, C++, JavaScript gibi genel amaçlı programlama dillerini de kullanır. Elbette yazılım dili kullanımı bu iki mühendislik arasındaki ayrımı ortaya net bir şekilde koymayacaktır. Ancak veri mühendislerinin işlerindeki özelleşmeler klasik yazılım mühendislerinin kullandıklarına göre daha yoğun olduğu için kullandıkları diller de nispeten daha sınırlı olmaktadır. Klasik yazılım mühendisleri web geliştirme framework'leri ile çalışırlar, versiyon kontrol sistemleri (Git) ve CI/CD araçlarını kullanırlar; yazılım test araçları ve süreçlerinde deneyim sahibidirler. Ancak veri mühendislerinin bu konularda çalıştığı durumlar çok nadirdir, hatta tanımın kapsamı dışındadır.

Veri mühendisleri ve klasik yazılım mühendisleri, tıpkı veri mühendisleri ile veri bilimciler arasındaki ilişki gibi teknoloji dünyasında tamamlayıcı roller üstlenirler. Veri mühendisleri, büyük veri sistemleri ve veri işleme altyapıları üzerinde uzmanlaşırken, klasik yazılım mühendisleri daha genel amaçlı uygulama geliştirmeye odaklanır. Her iki rol de modern teknoloji ekosisteminin önemli bileşenleridir ve organizasyonların ihtiyaçlarına göre bu roller arasında örtüşme olabilir, ancak temel odak noktaları ve uzmanlık alanları genellikle farklıdır (Cristan et al., 2022).

1.5. Veri Yönetimi ve Altyapısı

1.5.1. Veri Kaynakları ve Türleri

Veri kaynakları iç ve dış kaynaklardan oluşur. İç kaynaklar, şirketlerin kendi operasyonlarından elde ettikleri verileri kapsar ve kurumsal sistemler, operasyonel veri tabanları ile iç iletişim platformlarını içerir.

Kurumsal sistemler, işletmelerin günlük operasyonlarını destekleyen kritik bileşenlerdir. ERP (Enterprise Resource Planning) sistemleri finans, insan kaynakları ve tedarik zinciri gibi işlevleri entegre ederken, CRM (Customer Relationship Management) platformları müşteri etkileşimlerini yönetir ve analiz eder. İnsan Kaynakları Yönetim Sistemleri (HRMS) ise personel bilgilerini, bordro süreçlerini ve performans değerlendirmelerini yönetir. Finansal yönetim sistemleri, mali verilerin takibi ve analizi için kullanılır, bu da şirketlerin mali sağlığını kontrol etmelerine olanak tanır (Nijhawan, 2023).

Operasyonel veri tabanları, şirketlerin günlük işlemlerini destekleyen önemli veri kaynaklarıdır. Transaksiyonel veri tabanları, müşteri ve finansal işlemler gibi günlük operasyonları kaydeder. Ürün envanter sistemleri, stok seviyelerini ve tedarik zinciri hareketlerini izler. Sipariş yönetim sistemleri, müşteri siparişlerini işler ve teslimat süreçlerini koordine eder.

İç iletişim platformları, çalışanlar arasında bilgi akışını sağlar. E-posta sistemleri, yazılı iletişim ve belge paylaşımı için temel araçlardır. İç mesajlaşma uygulamaları, hızlı ve anlık iletişim ihtiyaçlarını karşılar. Proje yönetim araçları, ekiplerin işlerini planlaması, izlemesi ve raporlaması için kullanılır.

Dış kaynaklar, organizasyonun dışındaki veri kaynaklarından gelir. Örneğin; sosyal medya platformları, kullanıcı etkileşimlerini analiz etmek ve trendleri takip etmek için zengin veri akışları sağlar. Facebook, Twitter, LinkedIn ve Instagram gibi platformlardan elde edilen veriler, müşteri eğilimlerini anlamak ve pazarlama stratejilerini şekillendirmek için kullanılır.

Sosyal medya analitik araçları, bu verileri anlamlandırarak eyleme geçirilebilir içgörüler sağlar.

Web kaynakları, geniş bir veri yelpazesi sunar. Web siteleri, blog platformları ve çevrimiçi forumlar, kullanıcıların ilgisini çeken konular hakkında değerli bilgiler sağlar. Web kazıma teknikleri kullanılarak bu kaynaklardan veri toplanabilir ve analiz edilebilir.

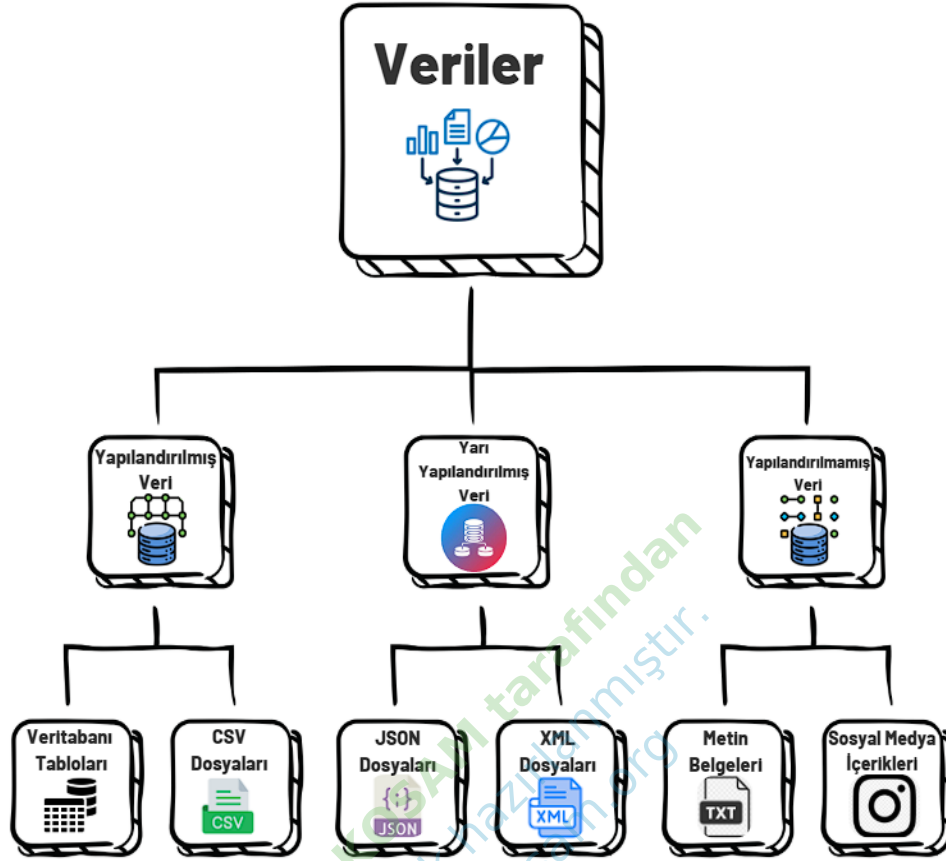
Üçüncü taraf veri sağlayıcıları, işletmelere pazar araştırmaları, kredi değerlendirmeleri ve demografik veriler gibi dış kaynaklı bilgiler sunar.

Sensörler ve IoT cihazları, veri toplama süreçlerini otomatikleştirir ve genişletir. Endüstriyel IoT, üretim hatları, lojistik operasyonlar ve enerji yönetimi gibi alanlarda veri toplarken, üretim hattı sensörleri süreç optimizasyonuna katkıda bulunur. Lojistik takip cihazları nakliye süreçlerini izlerken, enerji tüketim ölçerleri tasarruf ve verimliliği artırmak için kullanılır.

Tüketici IoT cihazları, akıllı evler, giyilebilir teknolojiler ve araç telematik sistemleri aracılığıyla bireylerin yaşam tarzı verilerini toplar. Bu veriler, kişiselleştirilmiş hizmetler sunmak ve kullanıcı deneyimini geliştirmek için kullanılır (Schatsky et al., 2019).

Açık veri platformları, kamuya açık verilerin erişimini sağlar. Devlet kurumları, ABD Nüfus Sayım Bürosu, Avrupa Birliği Açık Veri Portalı ve Dünya Bankası Açık Veri gibi platformlar üzerinden geniş veri setleri sunar. Bilimsel araştırma verilerine, NASA Earth Data, GenBank ve CERN Open Data Portal gibi kaynaklar aracılığıyla erişilebilir.

Veri mühendisliği perspektifinden bakıldığında, veri türleri ve kaynaklarının yönetimi karmaşık bir süreçtir. Yapılandırılmış veri, ilişkisel veri tabanı tabloları ve CSV dosyaları gibi önceden tanımlanmış bir şemaya uyan verileri içerir. Yarı yapılandırılmış veri, JSON ve XML dosyaları gibi esnek şemalı verilerden oluşur. Yapılandırılmamış veri, metin belgeleri ve sosyal medya içerikleri gibi belirli bir formata sahip olmayan verileri kapsar. Tüm veriler temelde üç türde sınıflandırılır: yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış.



Şekil 10: Veri Türlerinin Sınıflandırıldığını Gösteren Şema

Daha özel veri türlerine bakıldığında, büyük veri yüksek hacim, hız ve çeşitlilik özellikleri ile öne çıkar. Gerçek zamanlı veri, anında işlenmesi gereken veri akışlarını içerirken, batch veri belirli aralıklarla işlenen veri kümelerinden oluşur. Zaman serisi verisi, zaman damgalı ve kronolojik sıralı veri noktalarını içerirken, coğrafi veri GPS koordinatları ve adres bilgileri gibi konum verilerini kapsar. Graf verisi ise düğümler ve kenarlardan oluşan ilişkisel veri yapıları sunar. (Mage, 2023).

Burada açıklanan veri kaynakları ve türleriyle sınırlı olmamakla birlikte, söz konusu bilgiler; şirketler, kamu kurumları ya da özel projeler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.5.2. Veri Yaşam Döngüsü: Yönetim ve Süreçler

Veri yaşam döngüsü, verinin oluşturulmasından imha edilmesine kadar geçen süreci kapsar. Bu süreç altı temel aşamada incelenebilir:

Veri Üretimi ve Toplama

İlk aşama olan veri üretimi ve toplama, çeşitli kaynaklardan veri elde edilmesiyle başlar. İş uygulamaları, IoT cihazları, sosyal medya ve sensörler gibi farklı kaynaklardan veri üretilir

ve toplanır. Bu aşamada veri mühendisleri, toplanan verinin kalitesi ile işletme için uygunluğunu değerlendirir. Verinin doğru ve güvenilir kaynaklardan gelmesi, sonraki süreçlerin etkinliği açısından kritik önem taşır (Data Lifecycle Management, n.d.).

Veri Depolama

Toplanan verilerin güvenli bir şekilde depolanması bir sonraki aşamadır. Veriler; veri ambarları, veri gölleri veya bulut tabanlı sistemlerde saklanır. Bu süreçte veri güvenliği, yedekleme ve erişim kontrolü ön plandadır. Uygun veri yönetim araçlarının kullanımı, veri kaybı veya yetkisiz erişim gibi risklerin minimize edilmesine yardımcı olur.

Veri İşleme ve Dönüştürme

Veri işleme ve dönüştürme aşaması, toplanan verilerin ETL (Extract, Transform, Load) süreçleriyle işlenmesi ve analiz için hazırlanmasını içerir. Bu aşamada veri kalitesi artırılır, hatalar düzeltilir ve veriler standartlaştırılır. Verilerin temizlenmesi, analiz sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini doğrudan etkiler. Standartlaştırılmış, kaliteli veriler, veri analizi süreçlerinin başarısını artırır (Gillis, n.d.).

Veri Paylaşımı

Analiz sonuçlarının ve elde edilen içgörülerin ilgililerle paylaşılması, veri yaşam döngüsünde önemli bir adımdır. Veri paylaşımı, veri değişim portalları ile veri ekosistemleri aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu aşamada verilerin güvenli ve etkili bir şekilde dağıtılması, organizasyon içindeki şeffaflığı artırır. Etkili veri paylaşımı, paydaşlar arasında uyum sağlar ve veri odaklı kültürün yayılmasına katkıda bulunur (Araştırma Verilerinin Yönetimi: Veri Yönetiminin Planlanması | TÜBİTAK-ULAKBİM Açık Ders Platformu, 2022).

Veri Arşivleme

Aktif kullanımda olmayan ancak yasal veya iş gereksinimleri nedeniyle saklanması gereken veriler, veri arşivleme süreçleriyle güvence altına alınır. Bu aşama hem yasal uyumluluğun sağlanması hem de geçmiş verilere ihtiyaç duyulduğunda kolay erişim açısından önemlidir. Veri arşivleme süreçlerinin düzenli olarak gözden geçirilmesi ve güncellenmesi, işletmelerin veri varlıklarını etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur.

Veri İmhası

Son aşama olan veri imhası, artık gerekli olmayan ve yasal saklama süresi dolan verilerin güvenli bir şekilde yok edilmesini içerir. Veri imhası hem güvenlik hem de gizlilik açısından

büyük önem taşır. Veri imha süreçlerinin doğru bir şekilde uygulanması, veri sızıntılarını önler ve işletmelerin güvenilirliğini korur (Data Lifecycle Management, n.d.).



Şekil 11: Verilerin Oluşturulmasından Yok Edilmesine Kadar Olan Süreci Gösteren Şema

Veri yönetim süreçleri, veri yaşam döngüsünün etkin bir şekilde yönetimini sağlamaktadır. Veri yönetimi, veri sahipliği, erişim hakları ve kullanım politikalarını belirleyen çerçeveleri oluşturur ve bu, organizasyon genelinde tutarlılığı sağlar. Veri kalitesi yönetimi, verinin doğruluğunu ve tutarlılığını sürekli izleyerek veri temizleme ve zenginleştirme işlemlerini rutine oturtur. Bu süreçler, güvenilir veri temeli sunarak stratejik kararların doğruluğunu artırır.

Metadata yönetimi, erinin kaynağı ve yapısı hakkındaki bilgilerin düzenlenmesini içerir, böylece verinin keşfedilebilirliği ve erişilebilirliği artar. Bu, veri kullanıcılarının ihtiyaç duydukları bilgilere hızlı ve kolay erişim sağlamalarına yardımcı olur. Performans optimizasyonu, veri depolama ve işleme sistemlerinin verimliliğini sürekli izleyerek iyileştirir (Data Lifecycle Management, n.d.).

Veri erişimi ve self-servis analitik süreçleri, kullanıcıların verilere kolay erişimini sağlar ve veri odaklı karar verme süreçlerini teşvik eder. Organizasyon genelinde veri okuryazarlığını artırmak bu sürecin bir neticesidir. Sürekli iyileştirme ise veri yönetim süreçlerinin düzenli gözden geçirilmesi, gelişen teknolojilere uyum sağlaması için esastır.

Etkin veri yaşam döngüsü ve yönetim süreçleri, organizasyonların veri varlıklarından maksimum değeri elde etmelerini sağlar.

1.5.3. Modern Veri Yığınları

Modern veri yığınları, günümüzün karmaşık veri yönetimi ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan teknoloji ve araçlar bütünüdür. Hükümetler, veri paylaşımını kolaylaştırmak ve güvenliği artırmak amacıyla bu sistemleri etkin bir şekilde kullanmaktadır. Örneğin, Estonya'nın X-tee platformu, vatandaşların verileri üzerindeki kontrolünü artırırken, blockchain teknolojisiyle veri alışverişini güvence altına alır. 2024 yılı itibarıyla Python ve SQL gibi programlama dilleri, veri işleme ve analiz süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Snowflake, Fivetran, dbt, Airflow, Looker, Monte Carlo gibi araçlar ise veri alımı, dönüşümü, düzenlenmesi, görselleştirilmesi ve gözlemlenebilirliği için tamamlayıcı çözümler sunmaktadır (e-estonia.com, n.d.).

VERİ İŞLEME SÜREÇLERİNDE KULLANILAN ARAÇLAR



Şekil 12: Veri İşleme Süreçlerinde Kullanılan Araçları Gösteren Diyagram

Modern veri yığınlarının temel özelliklerinden biri, ETL araçları sayesinde veriyi çıkarma, dönüştürme ve yükleme süreçlerini otomatikleştirerek veri mühendislerinin daha karmaşık görevlere odaklanmasını sağlamasıdır. Bu araçlar, veri işleme süreçlerini optimize ederek veri mühendislerinin verimliliğini artırır ve veri odaklı karar alma süreçlerini hızlandırır. Böylece, işletmeler ya da hükümetler, daha etkin, güvenli veri yönetimi ve paylaşımı gerçekleştirerek modern teknolojilerin sunduğu avantajlardan faydalanabilirler.

1.5.4. FAIR Standartlarında Veri Kaydı Geliştirme

FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) veri yönetimi ilkeleri, verilerin makineler tarafından otomatik olarak bulunabilir, erişilebilir, birlikte çalışabilir, yeniden kullanılabilir olmasını amaçlar. Bu ilkeler, verilerin makineler tarafından da anlaşılabilir olmasını sağlayarak, büyük veri analizi ve yapay zekâ uygulamalarını kolaylaştırır.

Hükümetler, bilimsel ya da ticari araştırmaları desteklemek için FAIR veri ilkelerine uygun veri paylaşımını teşvik etmekte ve bu kapsamda standartlaştırılmış formatlar ile bulut teknolojileri gibi araçlar kullanmaktadır.

Özellikle biyomedikal veri ortaklıkları gibi platformlar, bilim insanlarına verileri depolama, erişme ve paylaşma imkânı sunar. ABD'deki Ulusal Kanser Enstitüsü'nün Genomik Veri Ortaklığı ve Avrupa Açık Bilim Bulutu (EOSC) gibi projeler, FAIR ilkelerinin uygulandığı başarılı örnekler arasında yer alır. Bu platformlar, veri paylaşımını kolaylaştırarak araştırmacıların büyük veri setleri üzerinde iş birliği yapmasına ve daha hızlı sonuçlar elde etmesine olanak tanır.

FAIR standartlarında veri kaydı geliştirme, veri paylaşımının kalitesini artırarak araştırma ve inovasyonu hızlandırır. Verilerin daha erişilebilir hale gelmesi, bilimsel keşiflerin, teknolojik gelişmelerin hızlanmasına katkıda bulunur. Ayrıca, veri güvenliği ve etik kullanım konularında hassasiyet gösterilerek, veri sahipliği, gizliliği korunur. Bu standartlar, veri tabanlı araştırma ve yenilikçiliğin gelecekteki başarısı için kritik bir rol oynamaktadır (Business Insights, Analysis & Perspectives, n.d.).



Şekil 13: FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable)

1.5.5. Veri Otomasyonu

Veri otomasyonu, veri toplama, işleme, depolama ve analiz süreçlerinin insan müdahalesi olmadan otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayan bir sistemler bütünüdür. Bu süreç, verilerin doğru, tutarlı, verimli bir şekilde yönetilmesine olanak tanır. Veri otomasyonu, veri boru hatları, ETL (Extract, Transform, Load) süreçleri sayesinde verilerin farklı kaynaklardan otomatik olarak toplanmasını, dönüştürülmesini ve saklanmasını mümkün kılar. Bu

süreçler, veri kalitesini artırarak verilerin uyumlu hale getirilmesini ve analiz için hazır olmasını sağlar. Ayrıca, gerçek zamanlı veri işleme teknolojileri, anlık içgörüler sunarak hızlı, doğru karar verme süreçlerini destekler (What Is a Data Engineer? A Guide to This In-Demand Career, 2024).

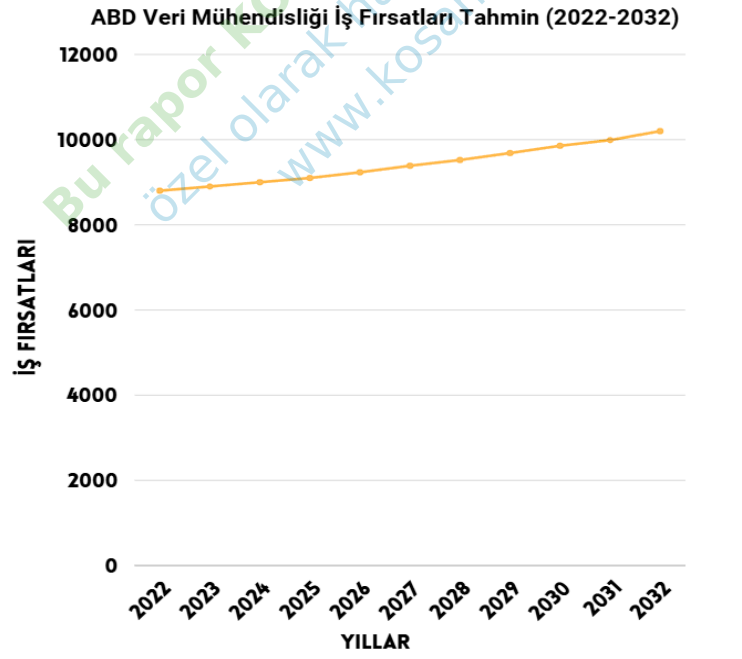
Veri otomasyonu, veri güvenliğini, uyumluluğunu artırmak için otomatik sınıflandırma ve etiketleme sistemleri kullanır. Bu sistemler, hassas verilerin belirlenmesi ve korunmasında kritik bir rol oynar. Böylece, veri mühendisleri daha stratejik görevlere odaklanabilir ve veri yönetimi süreçlerini optimize edebilirler. Sonuç olarak, veri otomasyonu, veri süreçlerini hızlandırırken hataları azaltır, organizasyonların büyük veri setlerinden daha fazla değer elde etmesine imkân tanır.

Bu rapor KOSAM tarafından
özel olarak hazırlanmıştır.
www.kosam.org

2. VERİ YATIRIMLARI VE EKONOMİK ETKİLER

2.1. Veriye Yapılan Yatırımlar ve Ekonomik Boyutları

Veri yönetimi ve analizi alanlarına yapılan yatırımların önemi giderek artmaktadır. Veri mühendisliği, verilerin toplanması, işlenmesi, depolanması, analiz edilmesi için gerekli altyapıyı sağlayan kritik bir fonksiyondur. Son yıllarda veri mühendisliği alanına yapılan yatırımlar hızla artmıştır. Küresel büyük veri ve veri mühendisliği hizmetleri pazarı 2023 yılında 68,76 milyar dolar değerindedir hatta 2028 yılına kadar 140,60 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. ABD'de veri mühendisi pozisyonlarında 2022-2032 döneminde yıllık %8 büyüme ve 10.200 yeni iş fırsatı öngörülmektedir. Veri mühendislerinin ortalama taban maaşı ABD'de 119.985 dolar olup, bazı uzman mühendislerin yıllık 185.000 dolara kadar kazanabildiği belirtilmektedir. Bu rakamlar, şirketlerin veri yönetimi, analizi için kayda değer yatırımlar yaptığını ve bu alanda nitelikli insan kaynağına olan talebin yüksek olduğunu göstermektedir (Nayak, 2023) (What Is a Data Engineer? A Guide to This In-Demand Career, 2024).

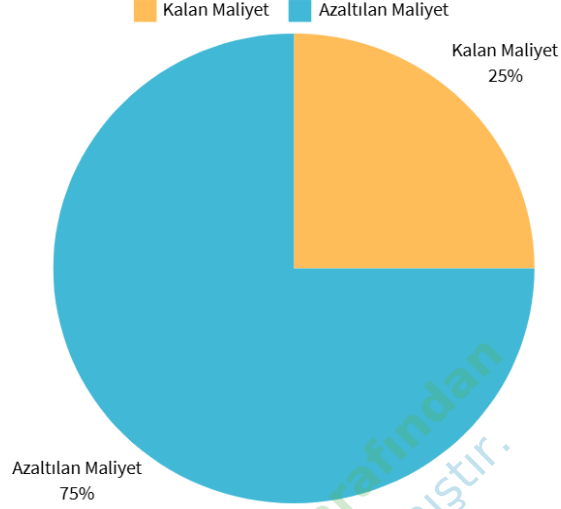


Şekil 14: ABD'de Veri Mühendisliği İş Fırsatlarının 2022-2032 Yılları Arasındaki Tahmini Artışını Gösteren Grafik

Veriye yapılan yatırımların çeşitli ekonomik etkileri bulunmaktadır. İlk olarak, veri mühendisliği şirketlerin verilerini daha etkin kullanmalarını sağlayarak maliyetleri düşürmekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. Örneğin, bir yarı iletken üreticisi, üçüncü parti verilerini kullanarak pazarlama kampanyalarının katılım maliyetini %75 oranında azaltmıştır. Ayrıca, doğru ve güvenilir veriye dayalı kararlar almak, işletmelerin

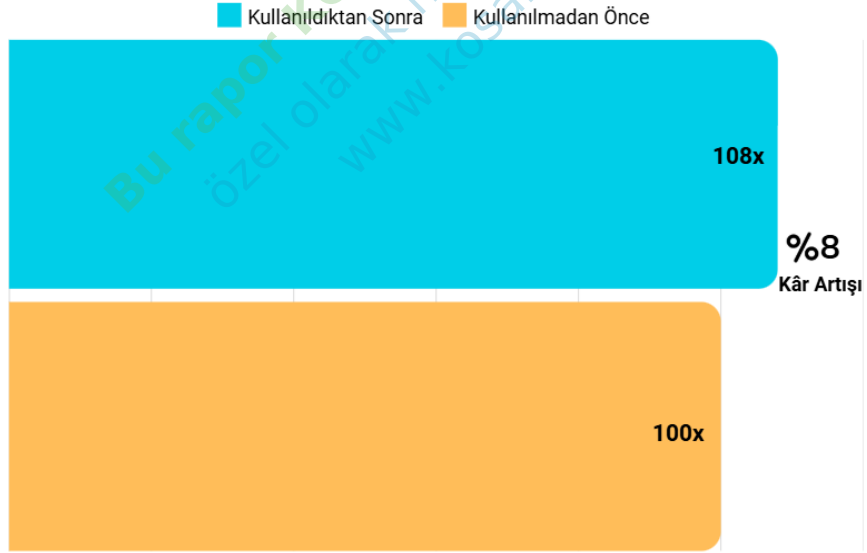
finansal performansını iyileştirmektedir. Büyük veri analitiğini aktif olarak kullanan şirketlerin karlılıklarını %8 artırdığı gözlemlenmiştir (Schatsky et al., 2019) (Nijhawan, 2023).

Üçüncü Parti Verisi Kullanılarak Pazarlama Kampanyası Katılım Maliyeti Dağılımı



Şekil 15: Üçüncü Parti Verisi Kullanılarak Pazarlama Kampanyası Maliyet Dağılımını Gösteren Grafik

Büyük Veri Analitiğinin Şirket Kârına Etkisi

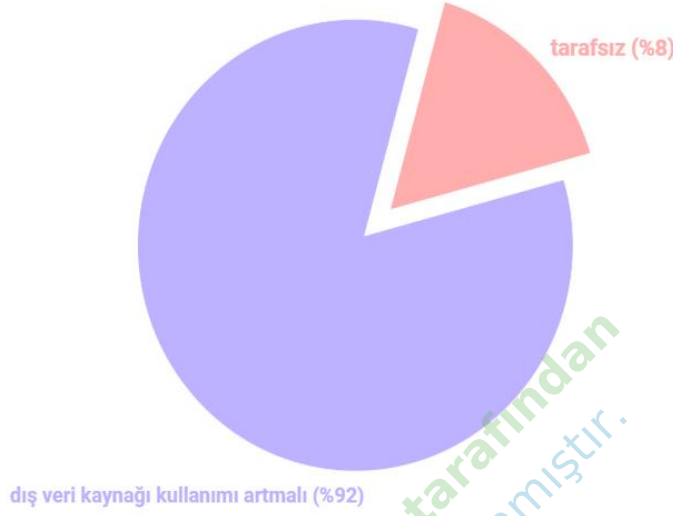


Şekil 16: Büyük Veri Analitiği Kullanımının Şirket Kârlılığı Üzerindeki Artışını Gösteren Grafik

Bununla birlikte, verinin ticarileştirilmesi ve veri ürünlerinin geliştirilmesi, şirketlere yeni gelir kaynakları sağlayabilir. Bu konuyla ilgili yapılan bir ankete katılan analistlerin yarısı, şirketlerinin kendi verilerini sattıklarını bildirmiştir. Ayrıca, verilerini daha iyi anlayabilen ve kullanabilen şirketler, pazarda önemli bir rekabet avantajı elde edebilir. Veri analitiği profesyonellerinin %92'si, firmalarının dış veri kaynaklarının kullanımını artırması gerektiğini belirtmiştir. Veri güvenliğine yapılan yatırımlar, olası veri ihlallerinin neden

olabileceği ekonomik kayıpları önleyebilir. Veri mühendisliği hizmetleri, güvenli veri transferleri sağlayarak bu alanda değer oluşturmaktadır (Schatsky et al., 2019).

Veri Analitiği Profesyonellerinin Dış Veri Kaynakları Kullanımı Görüşleri

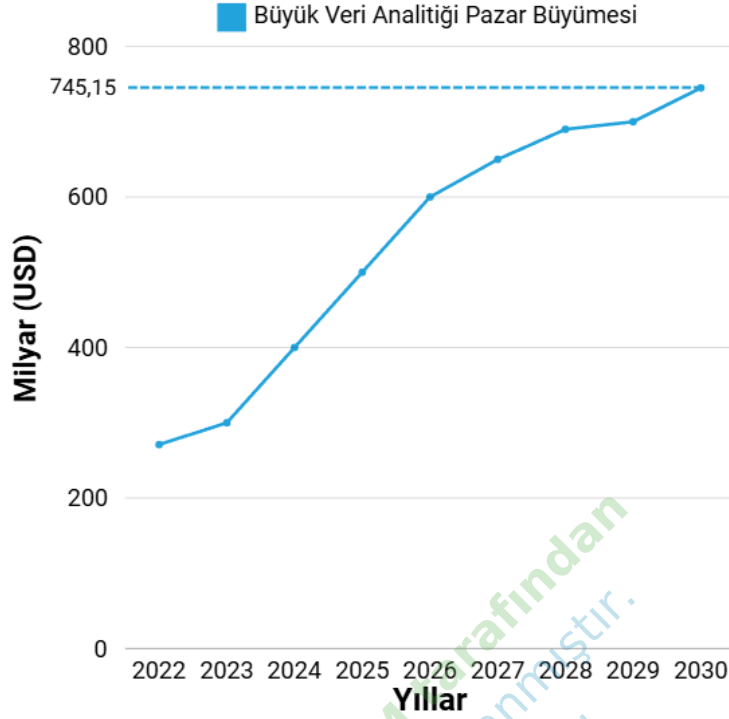


Şekil 17: Veri Analitiği Profesyonellerinin Dış Veri Kaynakları Kullanımına İlişkin Görüşlerini Gösteren Grafik

Veriye yapılan yatırımların operasyonel verimlilik, karlılık, yeni iş modelleri, rekabet gücü ve risk yönetimi gibi alanlarda önemli ekonomik etkiler sağladığı görülmektedir. Şirketler, bu alana yaptıkları yatırımların karşılığını almaya devam etmektedir.

2.2. Veri Yatırımının Gayri Safi Yurtiçi Hasıla Üzerindeki Etkileri

Veri mühendisliğinin küresel ekonomideki artan önemi, büyük veri analitiği pazarının öngörülen büyümesinden anlaşılmaktadır. Sektör tahminlerine göre, bu pazarın 2022'de 271,83 milyar dolardan 2030'da 745,15 milyar dolara ulaşması ve yıllık bileşik büyüme oranının (CAGR) %13,5 olması beklenmektedir. Bu önemli büyüme, işletmelerin, ekonomilerin veri odaklı içgörülere ve karar verme süreçlerine verdiği artan değeri vurgulamaktadır (Data Engineering: Importance, Benefits, and Jobs, 2022).



Şekil 18: Büyük Veri Analitiği Pazarı'nın 2022-2030 Yılları Arasındaki Tahmini Büyüme Trendini Gösteren Grafik

Veri altyapısına yapılan yatırımlar, gelişmekte olan ekonomilerde ekonomik büyümeyle pozitif korelasyonlar göstermiştir. Ayrıca, doğrudan yabancı yatırım (DYY) çalışmalarında gözlemlenen veri odaklı teknolojilerin yayılma etkileri, gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) üzerindeki etkiyi artırabilir. Bu yayılmalar arasında bilgi transferi, artan rekabet ve gelişmiş insan sermayesi gelişimi yer alır. Ancak, veri yatırımı ile GSYH büyümesi arasındaki ilişkinin her zaman doğrudan olmadığını belirtmek önemlidir. Veri yönetişiminin kalitesi, veri kullanımının etkinliği ve daha geniş ekonomik bağlam gibi faktörler, GSYH üzerindeki nihai etkiyi belirlemede önemli roller oynar.

Verinin dijital ekonominin "yeni petrolü" olarak anılmaya devam etmesiyle, veri mühendisliği ile altyapısına yapılan yatırımların hem ulusal hem de küresel ölçekte ekonomik büyüme ve rekabet gücünü artırmada giderek daha kritik bir rol oynaması muhtemeldir.

2.3. Veri Mühendisliğine Yatırımın Olası Riskleri

Veri mühendisliğine yatırım yaparken, dikkatle ele alınması gereken çeşitli riskler bulunmaktadır. Sektör profesyonelleri için, bu risklerin farkında olmak ve proaktif bir yaklaşımla yönetmek, veri mühendisliği yatırımlarının başarısı için çok önemlidir.

İş Hedefleriyle Uyumsuzluk: Veri mühendisliği çabalarının belirli iş hedefleriyle doğrudan bağlantılı olmaması, önemli kaynakların boşa harcanmasına ve beklenen değerin gerçekleşmemesine yol açabilir. Bu riski azaltmak için, yeni veri altyapısını uygulamadan önce kullanım senaryolarının net bir şekilde tanımlanması ve veri girişimleri ile iş hedefleri arasındaki bağlantının kurulması gerekir (Goodrum, 2020).

Veri Yönetişimi Eksikliği: Uygun yönetim çerçevelerinin oluşturulmaması, veri kalitesi sorunları, tutarsız veri tanımları ve veri gizliliği/güvenliği konularında zorluklar çıkarabilir. Güçlü bir veri yönetişimi stratejisi uygulamak, bu riskleri en aza indirmek için kritik önem taşır.

Potansiyel Yatırım Getirisi (ROI) Belirsizliği: Beklenen faydaların gerçekçi bir değerlendirmesi yapılmadan veri mühendisliği yatırımlarına başlanması, gereksiz harcamalara ve yatırımların gerçekleştirilememesine yol açabilir. Kapsamlı bir ROI modeli geliştirmek, projeler arasında önceliklendirme yapmak, bu riski azaltmak için önemlidir.

Hedef Kitleyi Göz Ardı Etmek: Farklı paydaşların ihtiyaçlarını dikkate almadan veri mimarisi oluşturmak, veri kaynaklarının yetersiz kullanımı, son kullanıcı hayal kırıklığı ve verimsiz veri erişimi gibi sorunlara neden olabilir. Paydaşlarla iletişim kurarak ihtiyaçları anlamak ve esnek mimari tasarımlar yapmak, bu riski yönetmek için gereklidir.

Yüksek Maliyetler ve Araç Giderleri: Veri mühendisliği araçlarının ve personelin yüksek maliyetleri, bütçe aşımına hatta işten çıkarmalara yol açabilir. Yatırımların dikkatle planlanması, toplam sahip olma maliyetinin göz önünde bulundurulması önem arz eder (Ng, 2024).

Teknolojik Eskime Riski: Hızlı teknolojik ilerleme, önceki yatırımları daha az değerli hatta kullanılamaz hale getirebilir. Esnek ve ölçeklenebilir mimari tasarımlar, teknolojik değişimlere uyum sağlamak için ekip becerilerinde yapılan yatırımlar, bu riski yönetmek açısından hayati önem taşır.

Veri Güvenliği ve Uyumluluk Riskleri: Veri mühendisliği girişimleri, hassas bilgilerin işlenmesini içerdiğinden, güvenlik ve uyumluluk riskleri önemli endişeler doğurur. Sağlam güvenlik önlemleri, düzenli denetimler ve uyumluluk gereksinimlerindeki değişimleri takip etmek, bu riskleri en aza indirmek için gereklidir.

Yetenek Kıtlığı ve Beceri Açığı: Nitelikli veri mühendislerine olan talebin mevcut yetenek havuzunu aşması, işe alma, elde tutma ve proje gecikmeleri gibi sorunlara yol açabilir. Eğitim programlarına yatırım yapmak, eğitim kurumlarıyla ortaklık kurmak ve alternatif

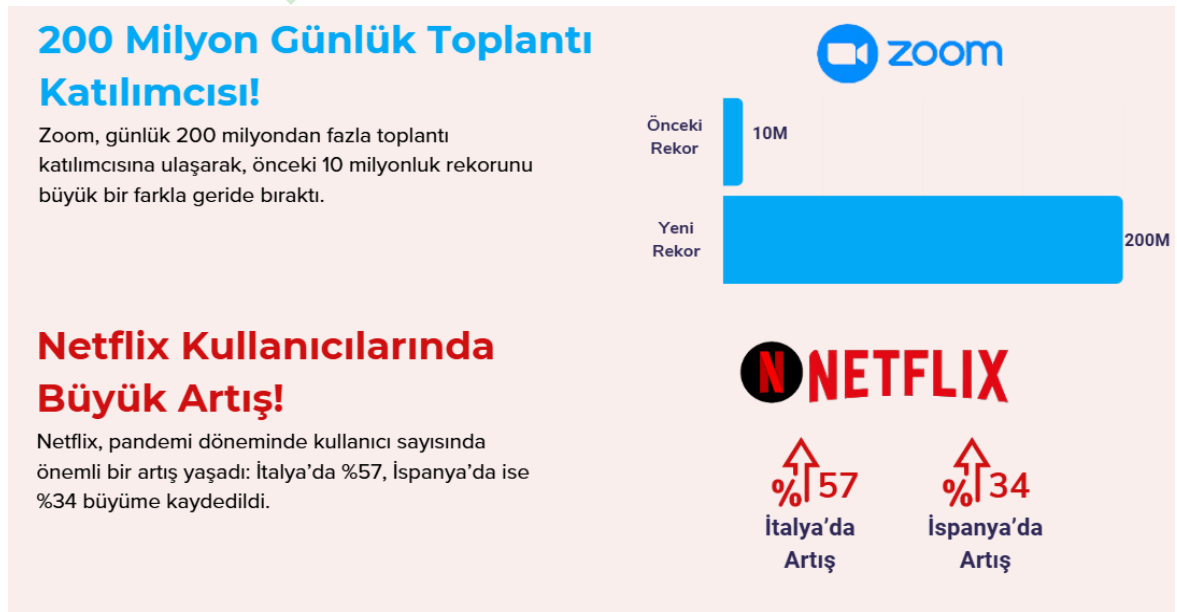
yetenek edinme stratejilerini uygulamak, bu riski yönetmek için önemlidir (Data Engineering: A Key Investment for Business Success, 2023).

Veri mühendisliği yatırımlarının başarıya ulaşması için bu risklerin dikkatle ele alınması gerekmektedir. Şirketler, yatırımlarını iyi planlamalı, veri girişimlerini iş hedefleriyle uyumlu hale getirmeli, güçlü yönetim çerçeveleri oluşturmalı ve teknolojik değişime esneklik kazandırmalıdır. Ayrıca, yetenek yönetimi, veri güvenliği ve uyumluluk konularına da özel önem vermelidir. Ancak bu risklerin proaktif bir şekilde yönetilmesi, veri mühendisliği çabalarının işletmenin rekabet avantajını artırmasına olanak sağlayacaktır.

2.4. Pandemi Sürecinin Veri Hacmi ve Veri Yatırımları Üzerindeki Etkisi

COVID-19 pandemisi, dünya genelinde veri üretimi, tüketimi, yönetiminde büyük bir etki oluşturdu. Bu süreç, veri hacminde önemli bir artışa yol açarken, organizasyonların veri altyapısı ve teknolojilerine yaptıkları yatırımları da yeniden şekillendirdi.

Pandemi sırasında uzaktan çalışma ve eğitimin yaygınlaşması, veri trafiğinde ciddi bir artışa neden oldu. Örneğin, Zoom'un günlük kullanıcı sayısı 10 milyondan 200 milyona çıktı. Dijital hizmetlerin, özellikle e-ticaret, çevrimiçi eğlence, sağlık hizmetlerinin yaygınlaşması, veri üretimini ve tüketimini hızlandırdı. Netflix, pandemi sırasında İtalya'da %57, İspanya'da %34 kullanıcı artışı yaşadı (COVID-19's Impact on Data Centers, 2020).

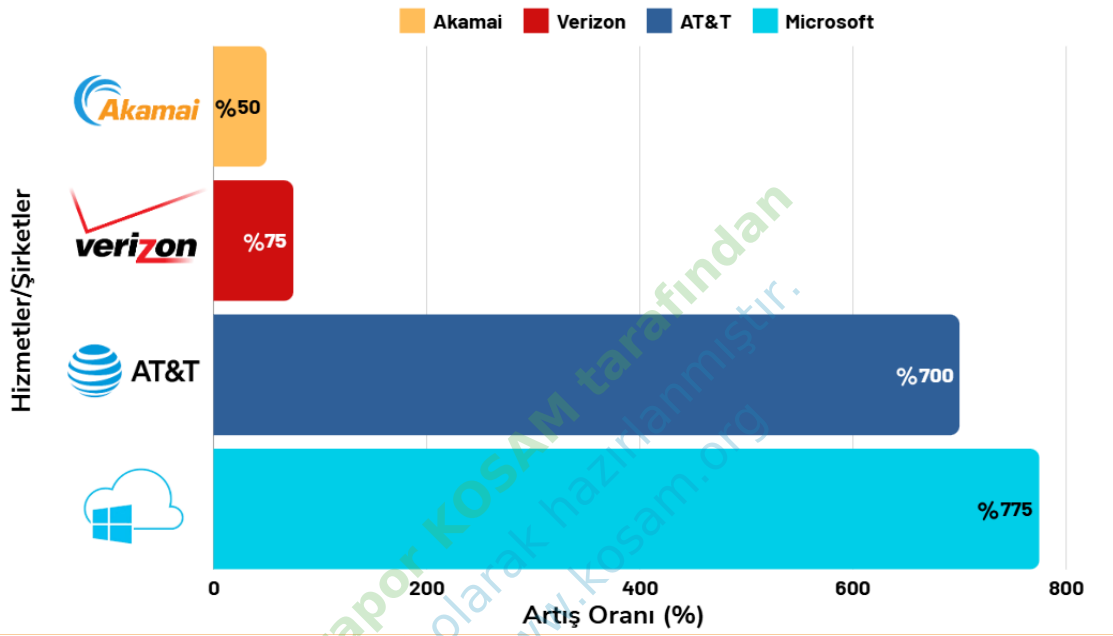


Şekil 19: Dijital Platformlarda Pandemi Dönemi Kullanıcı Artışı

Sağlık verileri de bu süreçte büyük bir önem kazandı. COVID-19 testleri, aşı kayıtları, temas takibi gibi verilerin toplanması ve işlenmesi, veri hacmini artırdı. Ayrıca, pandemi ile ilgili

bilimsel araştırmalar ve veri paylaşımı büyük miktarda veri üretti. İnsanların evde daha fazla zaman geçirmesi, sosyal medya kullanımını ve çevrimiçi iletişimi de artırdı.

Pandemi döneminde, Microsoft İtalya'da bulut hizmetleri kullanımında %775'lik bir artış yaşanırken, Verizon çevrimiçi oyun trafiğinde %75'lik bir artış raporladı. AT&T'nin VPN bağlantıları yaklaşık %700 artarken, Akamai genel internet trafiğinde %50'lik bir artış gördü (COVID-19's Impact on Data Centers, 2020).

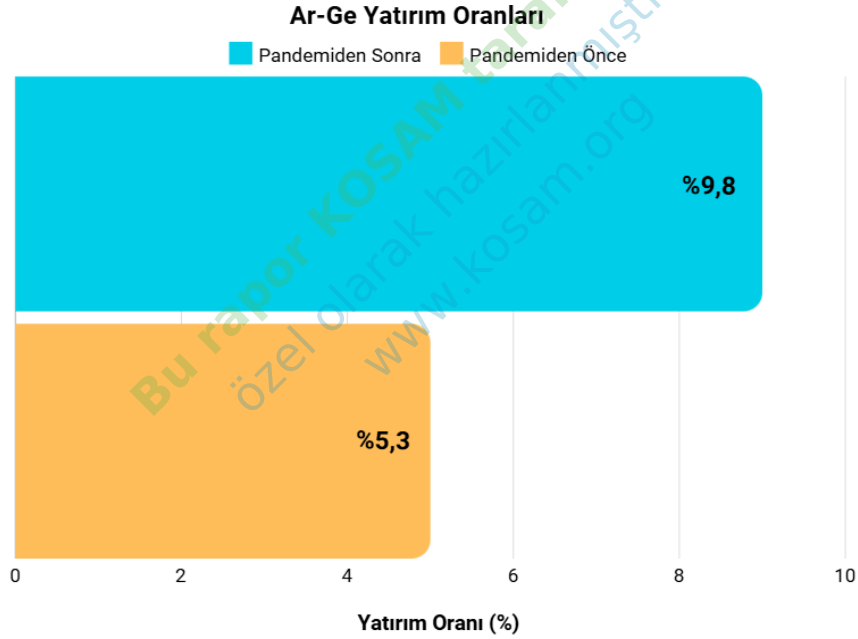


Şekil 20: Pandemi Döneminde Dijital Hizmet ve Trafik Kullanımındaki Artış Grafiği

Artan veri hacmi, değişen iş dinamikleri, organizasyonların veri altyapısına yönelik yatırımlarını artırmasına neden oldu. Bulut ve ortak yerleşim hizmetlerine geçiş hızlandı; böylece organizasyonlar maliyetli donanım kurulumlarından kaçındı. Pandemi sonrasında bilgi işlem ekipmanlarına yapılan yatırımlar pandemi öncesi seviyelerin %20 üzerine çıktı. Özellikle yazılım olmak üzere fikri mülkiyet yatırımları önemli ölçüde arttı. Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) yatırımları, pandemi öncesi %5,3 oranından %9,8'e çıktı. Ayrıca, veri güvenliği ve gizliliği konularına olan yatırımlar da arttı (Business Investment Since COVID-19, 2021).



Şekil 21: Pandemiyle Bilgi İşlem Ekipmanlarına Yatırımın %20 Arttığını Gösteren Grafik



Şekil 22: Pandemi Öncesi ve Sonrası Ar-Ge Yatırım Oranlarını Gösteren Grafik

COVID-19 pandemisi veri hacminde benzeri görülmemiş bir artışa neden olurken, organizasyonların veri altyapısına, yönetimine ve güvenliğine yönelik yatırımlarını artırmalarını sağladı. Veri odaklı karar verme sürecinin önemi artarken, veri yönetimi ve analizi alanında yeni zorluklar/ fırsatlar ortaya çıktı. Gelecekte, bu trendlerin devam etmesi ve veri teknolojilerine yapılan yatırımların artarak sürmesi bekleniyor.

2.5. Yapay Zekâ ve Veri İlişkisi: Etkileşim ve Uygulamalar

Yapay zekâ (YZ) ve veri arasında simbiyotik bir ilişki vardır. Veri, yapay zekânın yakıtıdır. YZ sistemleri; öğrenmek, gelişmek ve bilinçli kararlar vermek için veriye büyük ölçüde

bağımlıdır. Özellikle makine öğrenimi algoritmaları, modelleri eğitmek ve kalıpları tanımak için büyük veri setlerine ihtiyaç duyar. Verinin kalitesi, miktarı, çeşitliliği, YZ sistemlerinin performansını ve doğruluğunu doğrudan etkiler. Kaliteli veri, daha güvenilir ve etkili YZ modelleri geliştirmek için kritik öneme sahiptir (Exploring the Relationship Between Data Science and AI, 2023).

Yapay zekâ teknolojileri, veri işleme ve yönetim alanlarında köklü değişiklikler sağlayarak, organizasyonların karmaşık, büyük veri setlerini daha etkin bir şekilde yönetmelerine olanak tanımıştır. YZ, veri kalitesini artırmak için kullanılabilir; hataları, tutarsızlıkları ve eksik verileri otomatik olarak tespit ederek düzeltebilir (Catanzano, 2023).

Farklı kaynaklardan gelen verilerin entegrasyonu, YZ sayesinde daha hızlı, hatasız bir şekilde gerçekleştirilebilir. YZ algoritmaları, veri kaynaklarının yapısını ve içeriğini analiz ederek entegrasyon sürecini otomatikleştirir. Ayrıca, YZ'nin doğal dil işleme (NLP) yetenekleri, veri yönetimi politikalarının ve yasal düzenlemelere uyum süreçlerinin etkin bir şekilde uygulanmasına olanak tanır.

Verilerin sınıflandırılması ve etiketlenmesi, YZ tarafından otomatikleştirilerek veri yönetimini daha etkili hale getirilebilir. YZ ayrıca veri güvenliğini artırmak için erişim kalıplarını analiz eder ve olası güvenlik tehditlerini tespit eder.

2.6. Üretken Yapay Zekâ Sistemleri İçin Veri Hijyeninin Önemi

Üretken Yapay Zekâ (Generative AI) sistemleri, teknolojinin sürekli geliştiği dünyada, yenilikçiliğin ve verimliliğin ön saflarında yer almaktadır. Bu sistemlerin etkinliği, büyük ölçüde kullanılan verilerin kalitesine ve doğruluğuna bağlıdır. Bu bağlamda "veri hijyeni" kavramı, Üretken Yapay Zekâ'nın başarısı ve gelecekteki gelişimi için kritik bir rol oynamaktadır. Veri hijyeni, sadece sistemin teknik performansını değil, aynı zamanda kullanıcı güvenini ve etik standartlara uygunluğu da etkiler.

Üretken Yapay Zekâ sistemleri için veri kalitesi, birkaç temel unsur etrafında şekillenir:

Doğruluk:

Verilerin gerçekliği yansıtması ve hatasız olması gereklidir. Yanlış veya hatalı veriler, modelin yanıltıcı veya hatalı çıktılar üretmesine neden olabilir.

Tutarlılık:

Farklı veri setleri arasında tutarlılığın sağlanması, modelin farklı durumlar arasında anlamlı ve uyumlu sonuçlar üretmesi için önemlidir.

Tamlık:

Veri setlerinin eksiksiz olması, sistemin tam bir resim oluşturabilmesi için gereklidir. Eksik veriler, modelin yanlış veya eksik bilgi üretmesine yol açabilir.

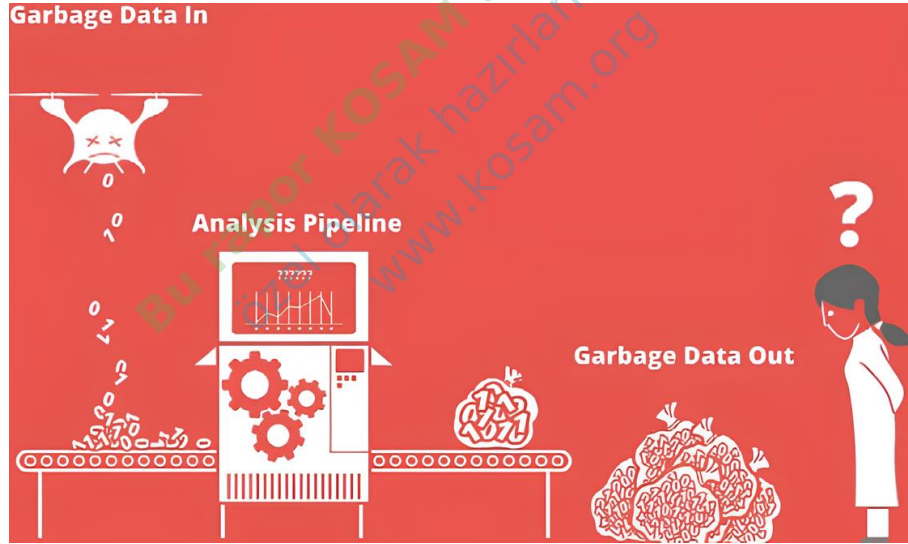
Zamanlılık:

Verilerin güncel olması, özellikle dinamik ve hızlı değişen alanlarda, sistemin doğru ve güncel bilgiler sunabilmesi için gereklidir.

İlgililik:

Verilerin, kullanım amacına uygun olması, modelin spesifik ve hedeflenmiş çıktılar üretebilmesi için esastır.

Bu unsurlar, "garbage in garbage out" prensibindeki olumsuz sonucun önüne geçmek ve güvenilir YZ modelleri oluşturmak için vazgeçilmezdir (Fluhler, 2024).



Şekil 23: Kalitesiz Veri Girişi, Kalitesiz Sonuçlar Üretir (Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices, 2024).

Üretken yapay zekâ sistemleri, özellikle Büyük Dil Modelleri (LLM'ler), benzersiz zorluklar sunar ve bu nedenle veri hijyeninin önemi daha da artar:

Veri Hacmi ve Çeşitliliği:

Bu modeller, çeşitli kaynaklardan gelen büyük veri setleri gerektirir. Bu geniş yelpazede tutarlılık ve kaliteyi sağlamak zorlu bir görevdir ve veri hijyenine olan ihtiyacı artırır.

Önyargı Amplifikasyonu:

Zayıf veri hijyeni, önyargılı eğitim setlerine yol açabilir. Üretken Yapay Zekâ modelleri, bu önyargıları çıktılarında artırabilir ve potansiyel olarak uygunsuz veya adaletsiz içerik üretebilir.

Halüsinasyonlar ve Olgusal Doğruluk:

Düşük kaliteli veya yanlış verilerle eğitilen sistemler, ikna edici ancak olgusal olarak yanlış bilgiler üretebilir. Bu durum, kullanıcılar için yanıltıcı olabilir ve sistemin güvenilirliğini sorgulatır.

Veri Kaynağı ve Telif Hakkı:

Eğitim verilerinin etik bir şekilde elde edilmesi ve telif hakkı sorunlarından arındırılmış olması, sorumlu YZ geliştirme için kritiktir. Yasal ve etik uyumluluk, YZ sistemlerinin uzun vadeli başarısı için vazgeçilmezdir (Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices, 2024).

Üretken YZ'nin potansiyelini tam olarak gerçekleştirmesi için veri hijyeni kritik öneme sahiptir. Temiz, doğru, güncel ve etik bir şekilde yönetilen veriler, bu sistemlerin daha doğru, güvenilir ve sorumlu çıktılar üretmesini sağlar. Veri mühendisliği uygulamaları ve modern veri altyapıları, Üretken YZ sistemlerinin başarısı için temel oluşturmaktadır.

Üretken Yapay Zekâ alanında çalışan kuruluşlar, veri hijyenine öncelik vermeli ve sürekli olarak en iyi uygulamaları takip etmelidir. Bu yaklaşım, sadece teknolojik ilerlemeyi değil, aynı zamanda etik ve sorumlu YZ gelişimini de destekleyecektir. Gelecekte, veri hijyeni uygulamaları, Üretken Yapay Zekâ sistemlerinin güvenilirliği, etkinliği ve toplumsal kabulü için belirleyici bir faktör olmaya devam edecektir.

2.7. Veri Mühendisliğine Dair Sektör ve Gelecek Projeksiyonları

2.7.1. Veri Mühendisliğinin Sektörler Üzerindeki Avantajları

Veri mühendisliği, günümüzün dijital çağında neredeyse tüm sektörler için önemli bir disiplin haline gelmiştir.

Veri mühendisliği, finans sektöründe risk yönetimi, dolandırıcılık tespiti ve müşteri segmentasyonu gibi kritik alanlarda çığır açıcı çözümler sunmaktadır. Büyük miktardaki finansal verinin hızlı ve güvenli bir şekilde işlenmesi, finansal kurumların daha doğru risk değerlendirmeleri yapmasına ve müşterilerine kişiselleştirilmiş hizmetler sunmasına olanak

tanımlanmaktadır. Örneğin, gerçek zamanlı veri işleme yetenekleri sayesinde, şüpheli işlemlerin anında tespit edilmesi ve önlenmesi mümkün hale gelmektedir (Thomas, 2024).

Sağlık sektöründe hasta bakımının iyileştirilmesi ve sağlık hizmetlerinin optimizasyonu açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Elektronik sağlık kayıtları (EHR), tıbbi görüntüleme ve genomik veriler gibi farklı kaynaklardan gelen büyük miktardaki verinin entegrasyonu ile analizi, daha hızlı ve doğru teşhislerin konulmasına, kişiselleştirilmiş tedavi planlarının oluşturulmasına ve sağlık araştırmalarının hızlandırılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, veri mühendisliği uygulamaları, hasta verilerinin güvenliğini ve gizliliğini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır.

Perakende sektöründe müşteri davranışlarının daha iyi anlaşılmasını, kişiselleştirilmiş pazarlama stratejilerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Satış noktası sistemleri, envanter yönetimi ve müşteri davranış verilerinin entegrasyonu, perakendecilerin tedarik zincirlerini optimize etmelerine, stok yönetimini iyileştirmelerine ve müşteri deneyimini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Örneğin, gerçek zamanlı veri analizi sayesinde, e-ticaret platformları müşterilerine anlık ve kişiselleştirilmiş ürün önerileri sunulabilmektedir.

Endüstri 4.0 çağında veri mühendisliği, üretim süreçlerinin optimizasyonunda kilit bir rol oynamaktadır. IoT cihazları, sensörler, üretim sistemlerinden gelen verilerin verimli bir şekilde işlenmesi/analizi, öngörücü bakım, kalite kontrol ve tedarik zinciri optimizasyonu gibi alanlarda büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu, üretim verimliliğinin artmasına, maliyetlerin düşmesine ve ürün kalitesinin iyileşmesine yol açmaktadır (Gillis, n.d.).

Veri mühendisliği, telekomünikasyon şirketlerinin ağ performansını optimize etmelerine ve müşteri deneyimini iyileştirmelerine yardımcı olmaktadır. Büyük miktardaki ağ verisi ve müşteri etkileşim verilerinin analizi, ağ kapasitesinin daha iyi planlanmasına, hizmet kesintilerinin öngörülmesine ve müşteri kaybının azaltılmasına olanak tanımaktadır.

Lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde rota optimizasyonu, stok yönetimi, talep tahmini gibi kritik alanlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Gerçek zamanlı veri analizi, tedarik zinciri kesintilerinin öngörülmesine ve hızlı bir şekilde alternatif çözümler üretilmesine yardımcı olmaktadır.

Veri mühendisliği uygulamaları, enerji sektöründe akıllı şebeke yönetimi ve enerji tüketimi tahminleri için kritik öneme sahiptir. Büyük miktardaki sensör verisi ve tüketici davranış verilerinin analizi, enerji dağıtımının optimize edilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Veri mühendisliği, kamu hizmetlerinin iyileştirilmesi ve kaynakların daha verimli kullanılması için de önemli imkanlar sunmaktadır. Büyük veri analitiği, şehir planlamasından suç önlemeye kadar geniş bir yelpazede kamu politikalarının daha etkili bir şekilde oluşturulmasına ve uygulanmasına yardımcı olmaktadır.

Veri odaklı bir geleceğe doğru ilerlerken, veri mühendisliğinin rolü giderek daha da önem kazanacak ve bu alanda yetkin profesyonellere olan talep artmaya devam edecektir.

2.7.2. Veri Mühendisliğinden Kaynaklanabilecek Fırsatlar

Veri mühendisliği, ulusal düzeyde ekonomik büyümeyi teşvik etme ve inovasyonu destekleme potansiyeline sahip bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle veri mühendisliği altyapısına, yeteneklerine yatırım yapan ülkeler, küresel veri ekonomisinde lider konumlarını güçlendirme fırsatına sahiptir. McKinsey'e göre, yapay zekânın veri odaklı uygulamaları 2030 yılına kadar 13 trilyon dolarlık yeni küresel ekonomik aktivite oluşturabilir (Bach & L. Newman, 2019). Bu ekonomik büyümenin büyük bir kısmı, kendilerini veri mühendisliği merkezleri olarak konumlandıran ülkeler tarafından elde edilebilir. Güçlü bir veri mühendisliği sektörü oluşturarak, ülkeler teknoloji şirketlerini, start-up'ları ve yetenekli profesyonelleri çeken inovasyon ekosistemleri sağlayabilir. Bu da yeni teknolojilerin ve hizmetlerin geliştirilmesine yol açarak ekonomik büyümeyi daha da artırabilir.

Gelişmekte olan veri ekonomisinde, bir ülkenin veri mühendisliğinden yararlanma yeteneği, küresel rekabet gücünü önemli ölçüde etkileyebilir. En büyük veri üreticisi konumuna gelen ülkeler, 20. yüzyılda büyük petrol üreticisi ülkelerin sahip olduğu stratejik avantajlara benzer avantajlar elde edebilirler. Ancak, veri kaynaklarının çeşitli ve geniş bir alana yayılmış olması gerektiğinden, bu durum daha karmaşık bir küresel güç yapısına yol açabilir. Ülkeler, veri mühendisliği yeteneklerine yatırım yaparak dijital rekabet güçlerini artırabilirler. Bu, sağlam veri altyapısı geliştirmeyi, veri okuryazarlığını teşvik etmeyi ve uygun veri politikaları uygulamayı içerir. Böylece ülkeler, veri ekonomisinin getirdiği yeni fırsatları en iyi şekilde değerlendirme şansına sahip olabilirler (Bach & L. Newman, 2019).

Veri mühendisliği aynı zamanda hükümetlerin operasyonlarını iyileştirmelerine ve daha iyi kamu hizmetleri sunmalarına olanak tanır. Hükümetler, veri mühendisliğinden yararlanarak kapsamlı veri analizine dayalı daha bilinçli politika kararları alabilirler. Örneğin; sağlık, ulaşım ve eğitim gibi kamu hizmetlerinin optimize edilmesine yardımcı olabilir. Kullanım kalıpları ve iyileştirme alanları hakkında içgörüler sağlayarak, vatandaşların ihtiyaçlarına daha hızlı ve etkili çözümler üretilmesine katkı sağlar.

Veri mühendisliği, şirketlere verilerinden değerli sonuçlar çıkarma araçları sağlayarak karar verme süreçlerinin iyileştirilmesine yol açar. Gelişmiş veri mühendisliği teknikleriyle şirketler, gerçek zamanlı analitiğe erişebilir, bu da daha hızlı ve daha doğru karar vermeyi mümkün kılar. Veri mühendisliği, şirketlerin öngörücü analitik modelleri uygulamasına olanak tanıyarak pazar trendlerini ve müşteri davranışlarını öngörmelerine yardımcı olur. Bu sayede şirketler, stratejik kararlarını veri temelli bir zemine oturtarak rekabet avantajı elde edebilirler.

Operasyonel verimlilik açısından bakıldığında, veri mühendisliği çeşitli sektörlerde büyük farklar oluşturabilir. Üretim sektöründe, veri mühendisliği öngörücü bakımı mümkün kılar, bu da kesinti sürelerini minimize eder ve maliyetleri düşürür. Şirketler, tedarik zincirlerini optimize etmek için veri mühendisliğini kullanarak envanter yönetimini iyileştirebilir ve israfı azaltabilir. Böylece operasyonel süreçler daha etkin hale gelir ve maliyet tasarrufu sağlanır.

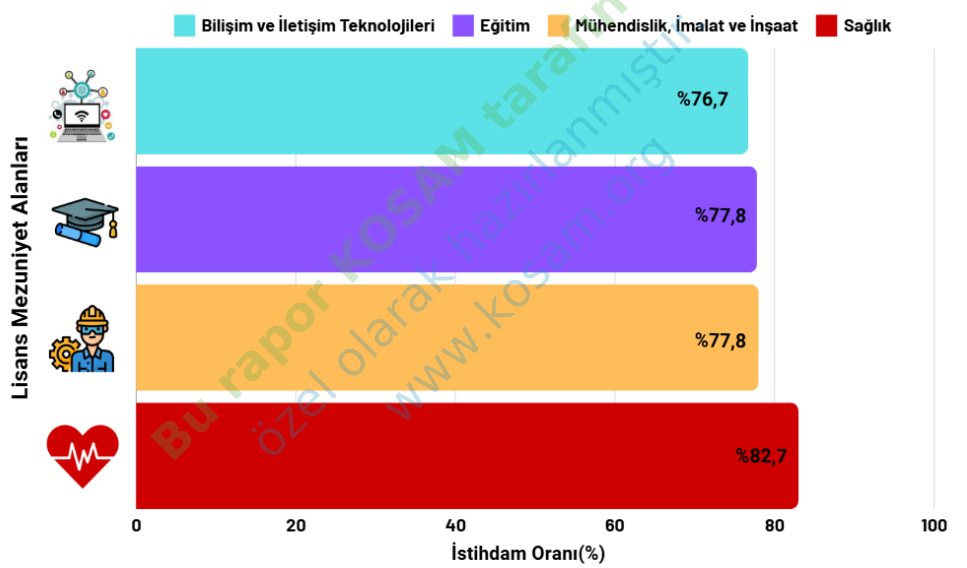
Veri mühendisliği, şirketlerin müşterilerini daha iyi anlamalarına ve onlara daha iyi hizmet vermelerine olanak tanır. Müşteri verilerini analiz ederek şirketler, müşteri memnuniyetini ve sadakatini artıran kişiselleştirilmiş ürünler, hizmetler ve deneyimler sunabilirler. Ayrıca, veri mühendisliği, şirketlerin müşteri davranışları ve tercihleri hakkında daha derin içgörüler elde etmelerini sağlayarak ürün geliştirme ve pazarlama stratejilerini bilgilendirir. Bu sayede şirketler, müşteriye yönelik daha etkili stratejiler geliştirebilir.

Veri mühendisliği, inovasyonu tetikleyebilir ve ürün geliştirme süreçlerini bilgilendirebilir. Şirketler, yeni pazar fırsatlarını belirlemek ve yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmesini sağlamak için veri mühendisliğini kullanabilirler. Veri mühendisliği teknikleri, hızlı prototiplemeyi ve A/B testini destekleyerek ürün geliştirme döngüsünü hızlandırabilir. Böylece şirketler, rekabetin yoğun olduğu pazarlarda yenilikçi çözümlerle öne çıkma fırsatını elde edebilir.

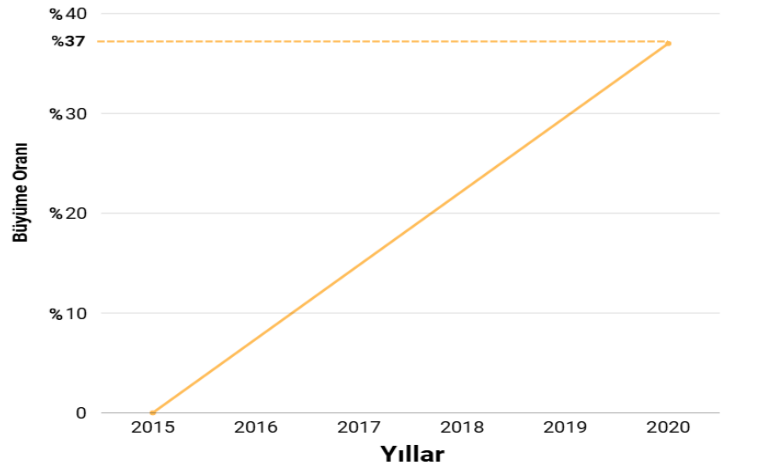
Bu fırsatlardan tam anlamıyla yararlanmak için ülkelerin ve şirketlerin veri mühendisliğindeki yeni trendleri takip etmeleri gerekmektedir. 2024 yılında, veri mühendisliği uygulamaları giderek artan bir şekilde otomatik yönetim ve uyum mekanizmalarını içermektedir. Üretken Yapay Zekâ'nın yükselişi, veri mühendisliği altyapısını önemli ölçüde etkilemektedir. Açık tablo formatları ve bunların katalogları, veri göllerinde giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu trendler, veri mühendisliği alanında önemli değişikliklere yol açabilir ve bu teknolojileri etkili bir şekilde kullanabilen ülkeler ve şirketler için potansiyel olarak yeni fırsatlar sağlayacaktır.

2.7.3. Veri Mühendisliğine Yapılacak Yatırımların İş Gücü Üzerindeki Potansiyel Etkileri

Veri mühendisliğine yapılan yatırımlar, veri bilimcisi, veri analisti ve makine öğrenimi mühendisi gibi yeni mesleklerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu gelişme, nitelikli iş gücüne olan talebi artırarak, iş piyasasında yeni fırsatlar oluşturmaktadır. 2021 yılında, lisans mezuniyet alanlarına göre en yüksek istihdam oranlarına sahip ilk beş alan şunlar olmuştur: %82,7 ile sağlık ve refah, %77,8 ile mühendislik, imalat ve inşaat, %77,8 ile eğitim, %76,7 ile bilişim ve iletişim teknolojileri (Yükseköğretimin İş Gücü Piyasasına Etkisi, 2022). Bu veriler, bilişim ve iletişim teknolojileri alanından mezun olanların %76,7'sinin istihdam edildiklerini göstermektedir. LinkedIn'in 2020 Yükselen İşler Raporu'na göre, veri bilimcisi pozisyonları son beş yılda %37 oranında bir büyüme göstermiştir (Berger, 2019).



Şekil 24: 2021 Yılında Lisans Mezuniyet Alanlarına Göre En Yüksek İstihdam Oranlarını Gösteren Grafik



Şekil 25: Veri bilimcisi Pozisyonlarının 2015-2020 Yılları Arasında %37 Oranında Büyüdüğünü Gösteren Grafik

Veri mühendisliği ve ilgili teknolojiler, rutin ve tekrarlayan görevlerin otomasyonunu mümkün kılarak, bazı mesleklerin dönüşümüne veya ortadan kalkmasına neden olabilir. Bu durum, iş gücü piyasasında beceri uyumsuzluğuna ve bazı çalışanların işlerini kaybetme riskine yol açabilir. Ancak, aynı zamanda daha karmaşık ve özgün görevler için yeni fırsatlar da sunmaktadır (Yapay Zekânın İş Gücü Üzerindeki Etkileri, 2024).

Veri mühendisliğine yapılan yatırımlar, iş gücü piyasasında teknik becerilere olan talebi artırmaktadır. Programlama, veri analitiği ve makine öğrenimi gibi yetkinlikler, çalışanların rekabet gücünü artırmak için önem kazanmaktadır. Bu nedenle, sürekli eğitim ve beceri geliştirme programları, çalışanların dijital dönüşüme uyum sağlamaları için kritik bir rol oynamaktadır (Varol, 2024). Avrupa Birliği'nde yapılan araştırmalar, temel dijital becerilere sahip yetişkinlerin sayısında %25'lik bir artış hedeflendiğini göstermektedir. Bu bulgu, dijital yetkinliklerin iş gücü piyasasında rekabet avantajı sağladığını ortaya koymaktadır (Avrupa Birliği, 2020, 2).



Şekil 26: Temel Dijital Becerilere Sahip Yetişkin Sayısı %25 Artarak 230 Milyona Ulaştığını Gösteren Şablon (AB)

3. PROMPT MÜHENDİSLİĞİ

3.1. Prompt Mühendisliğinin Tanımı ve Önemi

Prompt Mühendisliği Tanımı

Prompt mühendisliği, yapay zekâ modellerinin daha etkili ve verimli çıktılar üretmesini sağlamak için girdi talimatlarını (promptları) optimize etme sürecidir. Bu süreç, büyük dil modelleri (LLM'ler) gibi üretken yapay zekâ sistemlerinin daha iyi anlamasını ve yanıt vermesini sağlamak için kullanılır (IBM, n.d.).

Prompt mühendisliğinin temel amacı, YZ modellerine doğru bağlam ve bilgi sağlayarak daha iyi sonuçlar elde etmektir. Bu süreç, modelin kullanıcının niyetini anlamasına, çıktıyı iyileştirmesine, olası önyargıları azaltmasına, tutarlı ve ilgili yanıtlar üretmesine yardımcı olur.

Prompt mühendisliği şunları içerir:

- Doğru kelimeleri ve sıralamayı seçme
- Modele gerekli bağlamı sağlama
- İstenen çıktı formatını belirtme
- Gerektiğinde prompt zincirlerini kullanma

Bu teknik, içerik oluşturma, soru-cevap sistemleri, dil anlama ve üretme gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Etkili prompt mühendisliği, YZ modellerinin daha doğru, tutarlı ve kullanışlı çıktılar üretmesini sağlayarak kullanıcı deneyimini önemli ölçüde iyileştirebilir.

Yapay zekâ teknolojisinin gelişimiyle birlikte prompt mühendisliği giderek daha kritik bir beceri haline gelmiştir. Bu alanda uzmanlaşmak isteyenlerin özgün düşünme yetisine, dil modelleri hakkında derin bilgiye ve ifadeleri hassas bir şekilde oluşturma becerisine sahip olmaları gerekmektedir.

Prompt Mühendisliğinin Önemi

Prompt mühendisliği, özellikle büyük dil modelleri (LLM'ler) ve diğer üretken yapay zekâ sistemlerinin yaygın kullanımıyla birlikte, yapay zekâ alanında kritik bir uzmanlık dalı haline gelmiştir. Bu disiplin, yapay zekâ model çıktılarının optimize edilmesini sağlamak amacıyla özenle hazırlanmış talimatlar oluşturarak organizasyonların yapay zekânın tüm potansiyelinden faydalanmasını sağlamaktadır (Kaur Gill, 2024).

Prompt mühendisliğinin temel önemi, kullanıcı niyeti ile yapay zekâ tarafından üretilen yanıtlar arasındaki boşluğu doldurma yeteneğinde yatmaktadır. Mühendisler, talimatları dikkatle yapılandırarak yapay zekâ modellerinin daha doğru, bağlama uygun ve ilgili çıktılar üretmesini sağlayabilirler. Bu süreç, yapay zekânın yeteneklerinin ve sınırlamalarının

derinlemesine anlaşılmasını gerektirir; mantık, programlama bilgisi ve sanatsal ifade unsurlarını bir araya getirerek optimal sonuçların elde edilmesine imkân tanır (IBM, n.d.).

Günümüzde prompt mühendisliği, birçok sektörde aranan bir beceri haline gelmiş ve şirketler, yapay zekâ uygulamalarını optimize etmek için uzman personel istihdam etmeye başlamıştır. Bu uzmanlar, müşteri hizmetleri otomasyonundan hukuki belge oluşturmaya ve teknik dokümantasyon üretimine kadar geniş bir yelpazede kritik roller üstlenmektedir (LeewayHertz, n.d.).

Prompt mühendisliği yalnızca teknik optimizasyonun ötesinde bir role sahiptir; yapay zekâ sistemlerinin kullanıcı dostu ve daha etkin hale getirilmesini sağlayan önemli bir araçtır. Mühendisler, özenle tasarlanmış promptlar oluşturarak yapay zekâ modellerinin daha nüanslı, bağlama duyarlı yanıtlar üretmesini sağlamakta ve böylece belirli görevlerde verimliliği artırmaktadır. Bu performans artışı, özellikle sağlık sektörü gibi alanlarda yenilikçi uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamış; prompt mühendisliği, yapay zekânın tıbbi verileri analiz edip tedavi önerileri sunmasına katkıda bulunmuştur.

3.2. Prompt Kavramı ve Tokenizasyon Süreci

Prompt ve tokenizasyon kavramları, özellikle büyük dil modelleri (LLM'ler) bağlamında, modern yapay zekâ sistemlerinin mimarisinde temel unsurlar olarak yer almaktadır. Bir prompt, yapay zekânın yerine getirmesi gereken bir görevi tanımlayan doğal dil metnidir ve basit sorgulardan karmaşık komutlara veya bağlamsal talimatlara kadar geniş bir yelpazeyi kapsayabilir. Bu promptlar, kullanıcılar ile yapay zekâ modelleri arasında yapılandırılmış bir iletişim arayüzü sunarak metnin etkili bir şekilde yorumlanmasını ve işlenmesini sağlar (Wikipedia, 2024).

Tokenizasyon süreci, yapay zekâ modellerinin metni nasıl işleyip anladığının ilk ve en önemli adımıdır. Bu süreç, metnin kelimeler, karakterler veya alt kelimeler gibi daha küçük birimlere ayrılmasını içerir. LLM'ler dili insanlar gibi yorumlamadığından, metnin matematiksel olarak işlenebilecek bir formata dönüştürülmesi gerekmektedir. Tokenizasyon, metnin bu format dönüşümünü sağlayan kritik bir adımdır (Tokenization in NLP: Types, Challenges, Examples, Tools, 2023).

Modern yapay zekâ sistemlerinde tokenizasyon, Byte Pair Encoding (BPE) ve SentencePiece gibi gelişmiş yöntemler kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemler, metni alt kelime birimlerine ayırarak, hem tek tek karakterlerin detay seviyesini hem de tüm kelimelerin anlamsal bütünlüğünü korumayı amaçlar. Bu yaklaşım, modellerin yaygın ve nadir kelimeleri etkili bir şekilde ele almasını sağlar böylelikle yönetilebilir bir kelime dağarcığı boyutu korunmuş olur (Tokenization | Mistral AI Large Language Models, n.d.).

Promptlar ile tokenizasyon arasındaki ilişki, özellikle pratik uygulamalarda önemlidir. Bir promptun nasıl tokenize edildiği, modelin bunu nasıl yorumlayacağını ve yanıtlayacağını etkileyebilir. Örneğin, boşlukların, noktalama işaretlerinin veya özel karakterlerin varlığı ya da yokluğu, farklı tokenizasyon kalıplarına yol açabilir ve bu da modelin çıktısını değiştirebilir. Bu farkındalık, prompt mühendisliği için kritik olup, model tarafından daha etkili işlenecek promptların oluşturulmasına yardımcı olur (Lundberg, n.d.).

Modern tokenizasyon sistemleri genellikle 32.000 veya daha fazla tokenlık bir kelime dağarcığına sahiptir. Metnin başlangıcını veya sonunu işaretleme, belirli talimatları belirtme gibi özel işlevler için de özel tokenlar kullanılır. Bu gelişmiş yaklaşım, çeşitli dillerin ve formatların verimli bir şekilde işlenmesini sağlarken, aynı zamanda teknik terimler ve özel kelime dağarcığıyla başa çıkma yeteneğini de korur.

Bu sistemin etkinliği, karmaşık dil yapılarının işlenmesi ve anlaşılmasındaki başarısında kendini göstermektedir ve aynı zamanda hesaplama verimliliğini korur. Ancak tokenizasyon, özellikle uzman terminolojisi, çoklu diller veya alışılmadık karakter kombinasyonları söz konusu olduğunda zorluklar çıkarabilir. Bu sınırlamaların farkında olmak ve bu çerçevede çalışmak, yapay zekâ uygulamalarında optimal sonuçlar elde etmek için kritik bir öneme sahiptir (Awan, 2023).

3.3. Prompt Mühendisliğinin Tarihsel Gelişimi ve Güncel Durumu

Prompt kavramı, “bilgisayar girdisi” anlamında köklü bir geçmişe sahip olsa da prompt mühendisliğinin tarihini yakın geçmişte başlatmak tutarsız bir yaklaşım olmayacaktır.

2018 yılında yapılan araştırmalar, doğal dil işleme (NLP) görevlerinin tek bir çatı altında birleştirilebileceğini ortaya koymuştur. Bu buluş, tüm NLP görevlerini bir bağlam üzerinde soru-cevap problemleri olarak çözmeyi mümkün kılan yeni bir paradigma oluşturmuştur. Bu yenilikçi yaklaşım, yapılandırılmış promptlar kullanarak çok görevli modellerin geliştirilmesine yol açmıştır. Böylece, belirli bir görev için özel olarak eğitilen modellere kıyasla daha genel ve esnek kullanım sunan sistemler ortaya çıkmıştır.

2021 yılı, üretken önceden eğitilmiş modellerin (örneğin, GPT serisi) ince ayar tekniklerinde büyük bir atılımın yaşandığı dönem olmuştur. Bu modeller, spesifik görevler için eğitilen modellere kıyasla daha geniş bir yelpazede üstün performans göstermiştir. Bu gelişmeler, NLP’nin çeşitli alt disiplinlerinde yeni kullanım senaryoları oluştururken, prompt mühendisliği için de geniş bir uygulama alanı sunmuştur.

2020’de tanıtılan GPT-3, yapay zekâ alanında bir dönüm noktası olmuştur. İnsan benzeri metin üretme yetenekleriyle dikkat çeken bu model, prompt mühendisliğinin yalnızca metin tabanlı görevlerle sınırlı kalmayıp daha geniş bir uygulama yelpazesine yayılmasını sağlamıştır.

2022 ve 2023 yıllarında, prompt mühendisliği multimodal prompting (birden fazla veri türünü aynı anda işleyebilme), çok aşamalı diyaloglar ve alan bazlı bilgi entegrasyonu gibi ileri teknikleri içerecek şekilde genişlemiştir. Bu gelişmeler, yapay zekânın karmaşık ve çok yönlü görevleri daha etkili bir şekilde yerine getirmesine olanak tanımıştır (Greyling, 2024).

Pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement Learning, RL) teknikleri, özellikle bu dönemde önemli ilerlemeler kaydetmiştir. RL yöntemleri, yapay zekâ modellerini kontrol etme ve yönlendirme yeteneklerini geliştirirken, maruz kalma yanlılığı (exposure bias) ve üretilen metinlerdeki önyargılar gibi sorunların giderilmesine yardımcı olmuştur. Bu teknikler, özellikle model yanıtlarının kalitesini artırmak ve daha güvenilir çıktılar sağlamak açısından önemlidir.

Prompt mühendisliği, günümüzde insan niyeti ile yapay zekâ tarafından üretilen yanıtlar arasında kritik bir köprü görevi görmektedir. Çeşitli sektörlerde geniş bir kullanım alanı bulmuş olup, özellikle aşağıdaki uygulama alanlarında yoğunlaşmıştır:

İçerik Üretimi:

Blog yazıları, haber metinleri ve sosyal medya içerikleri gibi özgün metinler oluşturulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kod Geliştirme:

Otomatik kod önerileri ve hata ayıklama gibi yazılım geliştirme süreçlerinde önemli bir destek sağlamaktadır.

Sağlık Hizmetleri:

Tıbbi veri analizi ve tedavi önerileri gibi karmaşık tıbbi görevlerde yardımcı olabilmektedir.

Müşteri Desteği:

Chatbot ve sanal asistanların daha doğal ve bağlama duyarlı yanıtlar vermesini sağlamaktadır (Helena, 2024).

3.4. Prompt Mühendisliğinin Sınırlamaları ve Karşılaşılan Zorluklar

Prompt mühendisliği, yapay zekâ uygulamalarında dönüştürücü potansiyeline rağmen, etkinliğini ve yaygın benimsenmesini etkileyen birkaç önemli sınırlama ve zorlukla karşı karşıyadır. Bu kısıtlamalar, teknik engellerden etik kaygılara kadar uzanmaktadır.

En önemli zorluklardan biri, yapay zekâ model yanıtlarının öngörülemez doğasında yatmaktadır. İyi hazırlanmış promptlar bile bazen tutarsız veya beklenmedik çıktılar verebilir, bu da farklı senaryolar için güvenilir sonuçlar garanti etmeyi zorlaştırır. Bu öngörülemezlik, büyük dil modellerinin doğal rastgelelik özelliklerinden ve karmaşık iç işlem mekanizmalarından kaynaklanmaktadır (Doe, 2024).

Yapay zekâ modellerinde gerçek bir anlama ve akıl yürütme yeteneğinin eksikliği, diğer önemli bir sınırlamadır. Bu sistemler tutarlı metin üretebilse de çoğu zaman sağduyu gerektiren akıl yürütme süreçlerinde zorlanır ve mantıklı görünen ancak yanlış bilgiler sağlayabilir. Bu eksiklik, derin bağlamsal anlama veya mantıksal akıl yürütme gerektiren karmaşık görevlerde özellikle belirgin hale gelmektedir (UPES Online, 2024).

Kaynak gereksinimi, büyük dil modellerini eğitmek ve kullanmak için önemli bir engel teşkil etmektedir. Bu modellerin eğitimi ve dağıtımı, yüksek düzeyde hesaplama gücü gerektirir. Bu durum, daha küçük organizasyonlar ve araştırmacılar için giriş engellerine sebep olmakta ve ileri düzey prompt mühendisliği tekniklerine erişimi sınırlamaktadır. Ayrıca, bu modellerin eğitiminin çevresel etkisi de sürdürülebilirlik ve enerji tüketimi konularında endişelere yol açmaktadır.

Etik konular, prompt mühendisliğinde başka bir karmaşıklık katmanı oluşturur. Önyargı, adalet ve potansiyel kötüye kullanım sorunlarıyla başa çıkılması gerekmektedir. Modeller, eğitim verilerinde mevcut olan önyargıları farkında olmadan öğrenip güçlendirebilir, bu da ayrımcı çıktıya yol açabilir. Ayrıca, gizlilik konusunda endişeler de vardır; modeller, hassas bilgileri ezberleyip yeniden üretebilir (Doe, 2024).

Zamansal kavramlarla ilgili sınırlamalar da prompt mühendisliğinin etkinliğini etkileyebilir. Yapay zekâ modelleri genellikle zaman tabanlı kavramları yeterince anlamakta zorlanır ve uzun belgelerde bağlamı korumakta güçlük çekebilir. Bu sınırlama, modellerin geçmişe dair doğru bilgiler sunma veya geleceğe yönelik tahminlerde bulunma becerisini olumsuz etkileyebilir.

Alan, ölçeklenebilirlik ve standartlaştırma ile ilgili zorluklarla da karşı karşıyadır. Yapay zekâ uygulamaları daha yaygın hale geldikçe, tutarlı ve tekrar edilebilir sonuçlara duyulan ihtiyaç kritik hale gelmektedir. Ancak mevcut prompt mühendisliği teknikleri genellikle deneme-yanılma yaklaşımlarına dayanmakta olup, standartlaştırılmış en iyi uygulamaların oluşturulmasını zorlaştırmaktadır (Crabtree & guide, n.d.).

3.5. Prompt Mühendisliği Alanındaki Güncel Eğilimler

Prompt mühendisliği hızla gelişen bir alan olup, yapay zekâ sistemleriyle etkileşimimizi yeniden şekillendiren önemli trendler ortaya çıkmaktadır. Son gelişmeler, bu sistemlerin artan karmaşıklığını ve yeteneklerini yansıtarak, promptların hazırlanmasında daha sofistike ve ince yaklaşımlara geçiş olduğunu göstermektedir.

En dikkat çekici trendlerden biri, artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin prompt mühendisliği ile entegrasyonudur. Bu birleşim, kullanıcıların dijital içerik ve ortamlarla etkileşim biçimlerini kökten değiştirerek yapay zekânın kullanıcı

eylemlerine ve tercihlerine göre aktif yanıt vermesini sağlamaktadır. Edge computing (uç bilişim) ile birleştğinde, bu entegrasyon gerçek zamanlı olarak çok modlu girdilerin işlenmesini mümkün kılarken, gizlilik ve güvenliği de artırmaktadır (The Future of LLM Prompt Engineering: Trends and Innovation, 2024).

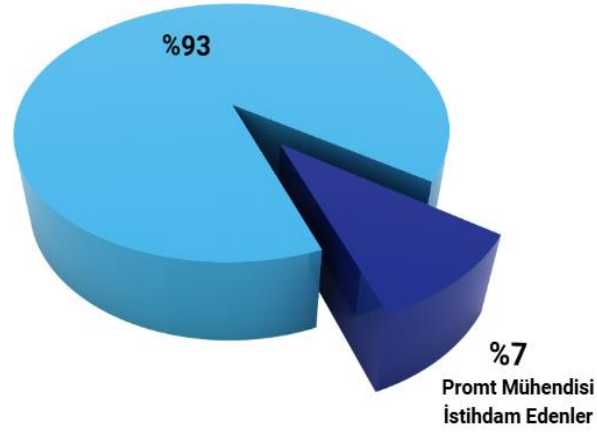
Adaptif prompting, yapay zekâ modellerinin kullanıcı giriş tarzlarına ve tercihlerine göre yanıtlarını uyarladığı önemli bir gelişme olarak öne çıkmaktadır. Bu kişiselleştirme yaklaşımı, özellikle sanal asistanlar ve sohbet botları gibi uygulamalarda, yapay zekâ ile daha doğal ve kullanıcı dostu etkileşimler sağlamayı amaçlamaktadır. Bu trend, konuşma, göz takibi, dokunma ve jest gibi çeşitli iletişim modlarını içeren çok modlu arayüzlere de uzanmaktadır, bu da yapay zekâ sistemlerini daha erişilebilir ve sezgisel hale getirmektedir (Howell, 2024).

Mega-promptların yükselişi, prompt mühendisliği uygulamalarında önemli bir değişimi temsil etmektedir. Geleneksel kısa promptların aksine, bu daha uzun ve bağlama dayalı talimatlar, daha detaylı ve nüanslı yapay zekâ yanıtları alınmasına olanak tanır. Bu yaklaşım, özellikle sağlık gibi uzmanlık gerektiren alanlarda, doğru yapay zekâ önerileri sunabilmek için kapsamlı arka plan bilgisi gerektiren durumlarda büyük değer taşımaktadır (Malervy, 2024).

3.6. Prompt Mühendisliği Konusundaki Abartılar ve Gerçekler

2024 yılında prompt mühendisliği alanı büyük bir dönüşüm geçirmiş, endüstri araştırmaları abartılı iddialar ve somut gerçekler arasında şekillenmiştir. McKinsey'nin son küresel anketine göre, üretken yapay zekâ ve prompt mühendisliğinin benimsenmesi büyük bir artış göstermiştir; organizasyonların %65'i bu teknolojileri düzenli olarak kullanmakta olup, bu oran bir önceki yıla kıyasla neredeyse iki katına çıkmıştır (The State of AI in Early 2024: Gen AI Adoption Spikes and Starts to Generate Value, 2024).

Medya kuruluşları sıkça prompt mühendislerini olağanüstü maaşlar alan ve yapay zekâ sistemlerini neredeyse sihirli bir şekilde kontrol edebilen kişiler olarak tasvir etse de, gerçek tablo daha karmaşıktır. Prompt mühendisliği iş piyasası, çoğunlukla bağımsız pozisyonlar yerine makine öğrenimi mühendisleri veya yapay zekâ uzmanları gibi daha geniş rollere entegre edilmiştir. McKinsey'nin araştırmasına göre, yapay zekâ benimseyen organizasyonların yalnızca %7'si özel prompt mühendisleri istihdam etmektedir (McKinsey & Company, 2023).



Şekil 27: Yapay Zekâ Benimseyen Kuruluşların Yalnızca %7'sinin Prompt Mühendisleri İstihdam Ettiğini Gösteren Grafik

Prompt mühendisliğinin karmaşık problemleri çözme yeteneği genellikle abartılmaktadır. İyi hazırlanmış promptlar, yapay zekâ model çıktılarında önemli iyileştirmeler sağlayabilir ancak temel model sınırlamalarını aşamazlar. Süreç, birçok değişkeni içerir ve genellikle öznel değerlendirmeler gerektirir, bu da genellikle sanıldığı kadar basit olmadığını gösterir. Organizasyonlar, özellikle özelleştirilmiş modeller kullanıldığında, başarılı bir uygulama için bir ila dört ay arasında bir geliştirme süresi gerektiğini belirtmektedir (Singla et al., 2024).

3.7. Prompt Mühendisliğinin Eğitimi ve İş Hayatına Katkıları

3.7.1. Prompt Mühendisliği Eğitim Programlarının Analizi

Prompt mühendisliği, son dönemde hem akademik düzeyde hem de profesyonel yaşamda önem kazanan bir alan haline gelmiştir. Bu alan, bazen üniversitelerin lisans programlarında, bazen bilgisayar bilimleri dersleri olarak, bazen de akademik olmayan çeşitli eğitim platformlarında ele alınmaktadır.

Vanderbilt Üniversitesi, "ChatGPT İçin Prompt Mühendisliği" adlı kurslar sunarak özgün düşünme, problem çözme ve yazma becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir. Bu kurslar, 1 ila 3 ay arasında sürmekte ve farklı düzeylerdeki katılımcılara hitap etmektedir (Prompt Engineering for ChatGPT Course (Vanderbilt), n.d.).

Tiffin Üniversitesi, Yapay Zekâ ve Prompt Mühendisliği alanında lisans düzeyinde bir program sunmaktadır. Bu program, insan-yapay zekâ etkileşimlerini anlamaya odaklanmakta ve "Prompt Mühendisliği" adına ayrı bir ders içermektedir (Artificial Intelligence and Prompt Engineering, n.d.).

Arizona Eyalet Üniversitesi, başlangıç seviyesindeki öğrencilere yönelik "Yapay Zekâ Temelleri: ChatGPT ile Prompt Mühendisliği" adlı bir kurs sunmaktadır. Bu kurs, üretken yapay zekâyâ giriş yapmak isteyenler için temel bilgileri kapsamaktadır (Maynard, n.d.).

Charm-EU, doktora seviyesinde "Bilimsel Araştırmalar İçin GenAI ve Prompt Mühendisliği" adlı bir program sunarak bilimsel çalışmalarda üretken yapay zekânın kullanımına odaklanmaktadır (GenAI and Prompt Engineering for Scientific Research, n.d.).

IBM ve Google gibi önde gelen teknoloji şirketleri, Coursera gibi platformlarda prompt mühendisliğine yönelik çevrimiçi kurslar sunmaktadır. Bu kurslar, katılımcılara kendi hızlarında öğrenme fırsatı sağlamakta ve profesyonel gelişim veya yeniden beceri kazandırma programlarında önemli bir rol oynamaktadır. Çevrimiçi sertifika kursları, prompt mühendisliğinin her yaş grubu ve iş seviyesi için erişilebilirliğini artırmakta ve bu alandaki öğrenim ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Prompt mühendisliğinin mevcut kapsamı, tek başına bir lisans programı olarak sunulması için yeterince geniş olmamakla birlikte, çoğunlukla uygulamalı yaklaşımla ve multidisipliner bir alanın parçası olarak daha etkili bir şekilde öğrenilmektedir. Tiffin Üniversitesi örneğinde olduğu gibi, bu alanın bilgisayar bilimlerine ek bir disiplin olarak entegre edilmesi gelecekte sıkça görülecek bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Prompt mühendisliği eğitiminde çevrimiçi sertifika kursları, uzun vadede önemli bir eğitim yöntemi olmaya devam edecektir. Bu kurslar, farklı seviyelerdeki öğrenci ve profesyonellerin prompt mühendisliğini etkili bir şekilde öğrenmesine olanak tanımaktadır.

3.7.2. Prompt Mühendisinin Sahip Olması Gereken Nitelikler

Prompt mühendisliğinin temeli, yapay zekâ modellerini derinlemesine anlamaya dayanır. Bu nedenle, bir prompt mühendisi üretken yapay zekâ modelleriyle çalışabilmeli ve doğal dil işleme (NLP) prensiplerini etkin bir şekilde kullanabilmelidir. Ayrıca, Python gibi programlama dillerinde yeterlilik, modellerin şirket ihtiyaçlarına uygun şekilde entegre edilmesi için kritik bir beceridir.

Prompt mühendisleri, özgün ve analitik bir zihin yapısına sahip olmalıdır. Çeşitli senaryolar için uygun ve bağlamına duyarlı girdiler tasarlama yeteneği, bu rolün temel bileşenidir. Bunun yanında, yapay zekâ çıktılarını optimize etmek için prompt yapılarını yeniden değerlendirme ve düzenleme becerisi gereklidir.

Bir prompt mühendisinin, yapay zekâ uygulamasının hedeflendiği sektör ya da alan hakkında derinlemesine bilgi sahibi olması önemlidir. Sağlık, finans, e-ticaret ya da pazarlama gibi farklı alanların özelliklerini bilmek, yapay zekâ çıktılarını daha kullanılabilir hale getirir. Ayrıca, etik sorunların ve potansiyel yanlışlıkların farkında olmak, bu çıktıların özenle yönetilmesini sağlar.

Net ve etkili girdiler oluşturmak, yazılı ve sözlü iletişim becerilerini gerektirir. Bir prompt mühendisi, ekip çalışmalarında teknik bilgiyi diğer uzmanlarla paylaşmalı ve gerekirse promptların hedeflerine uygun olması için diyalog kurmalıdır.

Prompt mühendisliğinin etkin kullanımı, şirketlerin daha bilinçli ve stratejik kararlar alabilmesini sağlar. Yapay zekânın işleyişi esnasında ortaya çıkabilecek hataları azaltmak ve sistem performansını optimize etmek için etkili promptlar kritik rol oynar. Doğru kullanılan prompt mühendisliği, şirketlerin yenilikçi çözümler ve ürünler sunarak rekabet avantajı elde etmesine olanak tanır.

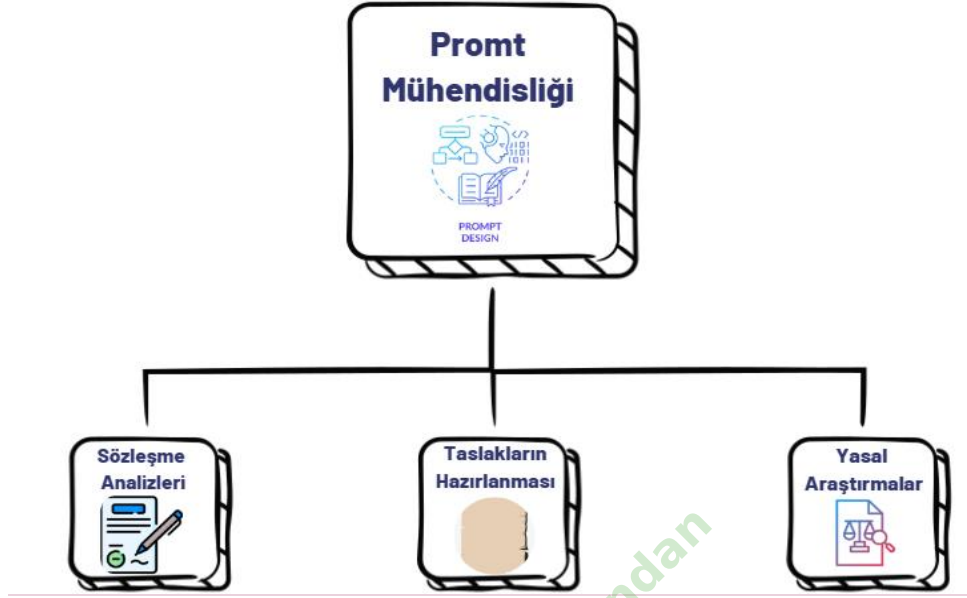
Prompt mühendisliği, yalnızca bir teknik uzmanlık alanı değil, aynı zamanda stratejik düşünme, iletişim ve sürekli öğrenme gerektiren disiplinlerarası bir beceridir. Bu alanda gelişen akademik ve kurumsal eğitim programları, yapay zekânın sunduğu potansiyeli maksimize etmek ve tüm iş alanlarında inovasyonu desteklemek için kritik bir temel oluşturmaktadır. Yapay zekânın gelecekteki rolüne dair bu önemli bağlantı, insanın özgünlüğü ile teknolojik zekâyı birleştirme potansiyelini gözler önüne sermektedir.

3.8. Farklı Sektörlerdeki Uygulama Alanları ve Örnekler

Prompt mühendisliği farklı sektörlerde özelleştirilmiş çözümler sunarak operasyonel verimliliği artırmak için kritik bir araç haline gelmiştir.

Örneğin finans dünyasında prompt mühendisliği, finansal karar alma süreçlerini iyileştirmek için yapay zekânın gücünü ortaya çıkarır. Öne çıkan uygulamalar arasında finansal raporların özetlenmesi, veri analizi ve tahminler yer alır. Şirketlerin çeyrek dönem performans raporlarını özetlemek, bütçe tahminlerini doğrulamak veya verilerdeki varyansları tespit etmek için etkili promptlar kullanılabilir. Böylece finansal kararlar daha hızlı ve doğru bir şekilde alınabilir (Prompt Engineering for Finance, n.d.).

Hukuk alanında prompt mühendisliği, yapay zekâ çıktılarının yasal gerekliliklere uygun şekilde özelleştirilmesini sağlar. Bu bağlamda sözleşme analizleri, yasal araştırmalar ve belge taslaklarının hazırlanması gibi alanlarda etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle sözleşmelerdeki kritik maddeleri tespit etmek ya da olası riskleri belirlemek için kullanılan özel promptlar, hukuki süreçlerde hız ve doğruluk kazandırır (Prompt Engineering for Legal: Security and Risk Considerations, n.d.).



Şekil 28: Hukuk Alanında Prompt Mühendisliğinin Kullanıldığı Alanları Gösteren Şema

Yazılım geliştirme alanında prompt mühendisliği, kod yazma, hata tespiti ve algoritma optimizasyonu gibi süreçlerde büyük kolaylıklar sunar. Yazılım geliştiriciler, belirli bir kodu otomatik olarak oluşturmak, mevcut hataları hızlıca düzeltmek veya belgelendirme süreçlerini optimize etmek için özelleştirilmiş promptlardan faydalanabilir. Bu sayede rutin işler hızlanırken, geliştiriciler daha karmaşık problemlere odaklanabilir (Unleash Developer Productivity With Generative AI | McKinsey, 2023).

Eğitim sektörü, prompt mühendisliği sayesinde daha kişiselleştirilmiş ve etkili öğrenme deneyimleri sunabilmektedir. Öğretmenler, farklı öğrenim ihtiyaçlarına uygun içerikler oluşturmak, öğrenci ödevlerini değerlendirmek ve geri bildirim sağlamak gibi alanlarda yapay zekâ destekli çözümlerden yararlanabilir. Aynı zamanda idari süreçlerin, örneğin ders programlarının hazırlanması ya da iletişimlerin organize edilmesi gibi işlevlerin otomasyonu da mümkün hale gelmektedir (Bozkurt, 2024).

Sağlık sektöründe prompt mühendisliği, teşhis, hasta bakımı ve idari işlevler açısından önemli katkılar sağlamaktadır. Hasta geçmişlerini özetlemek, tedavi önerileri sunmak veya randevu planlama gibi görevleri otomatikleştirmek için özel olarak tasarlanmış promptlar kullanılabilir. Bu yaklaşım hem hasta sonuçlarını iyileştirir hem de sağlık çalışanlarının yükünü hafifletir (Sahoo et al., 2024).

Prompt mühendisliği, pazarlama ve satış alanında müşteri etkileşimlerini optimize etmek ve hedefe yönelik içerik üretmek için kullanılır. Kişiselleştirilmiş pazarlama materyalleri oluşturma, chatbot'lar aracılığıyla müşteri sorularına özel yanıtlar sağlama ve pazar trendlerini analiz etme gibi uygulamalar, şirketlerin müşteri deneyimlerini geliştirmelerine

yardımcı olur. Böylece daha etkili satış ve pazarlama stratejileri oluşturulabilir (What Is Prompt Engineering? | McKinsey, 2024).

Prompt mühendisliği, sektörel ihtiyaçlara özel yapay zekâ çıktılarının elde edilmesine olanak sağlayan çok yönlü bir araçtır. Finansal doğruluk, hukuki uyumluluk, yazılım verimliliği, kişiselleştirilmiş öğrenme, sağlık hizmetlerinde iyileştirme ve müşteri etkileşimlerinde optimizasyon gibi pek çok alanda önemli kazanımlar sağlar. Bu disiplin, doğru tasarlanmış girdilerle yapay zekâdan maksimum fayda sağlamayı mümkün kılarak iş süreçlerini dönüştürür.

3.9. Prompt Mühendisliği Sektör ve Gelecek Projeksiyonları

3.9.1. Prompt Mühendisliğinin Geleceği

Prompt mühendisliği, gelecekte yapay zekâyı daha etkili bir şekilde kullanılabilecek yeni boyutlara taşıyacak disiplinlerarası bir alana evrilecektir (Parker & Morrison, n.d.) (On Point: In Pursuit of Prompt Engineers, n.d.).

Yapay zekâ sistemlerini daha hassas bir şekilde çalışır hale getirmek için gerekli girdileri ve öğrenme mekanizmalarını optimize edebilecek bireyler ön planda olacaktır. Bu bireyler, algoritmaların öğrenme eğrilerini doğru bir şekilde yönlendirecektir.

Prompt mühendisliği, gelecekte çoğunlukla multidisipliner bireylerin sahip olduğu nitelikleri bir arada taşıyan insanların alanı olacaktır. Farklı disiplinlerdeki güçlü iletişim ve becerilere sahip bireyler, geleceğin iyi prompt mühendisleri olarak anılacaktır. Bu nedenle, disiplinler arası köprüler kurabilen profesyoneller bu alanın çekirdeğini oluşturacaktır.

Prompt mühendisliğine duyulan ihtiyacın gelecekte artması ya da azalması, yapay zekâ teknolojilerinin gelişim hızına ve bu teknolojilerin kendi kendine öğrenme yeteneklerine bağlıdır.

Yapay zekâ sistemleri giderek daha karmaşık hale geldikçe, bu sistemlerin daha etkili yönlendirilmesi ve istenen sonuçların elde edilmesi için uzman prompt mühendislerine olan talep artabilir. Özellikle sektörel uygulamalarda özelleştirilmiş ve alan bilgisi gerektiren prompt tasarımları kritik önem taşıyacaktır (Prompt Engineering for Finance, n.d.).

Ancak, yapay zekâ modelleri, kendi kendini optimize eden mekanizmaları geliştirirse, temel prompt mühendisliği becerilerine duyulan ihtiyaç azalabilir. Yine de bu durum, ileri düzey ve özgün prompt tasarımları gerektiren alanlarda uzmanlığa olan talebi ortadan kaldırmaz (The Legal Implications of Generative AI | Legal, n.d.).

McKinsey tarafından yapılan bir anket, şirketlerin %7'sinin şu anda prompt mühendisleri istihdam ettiğini ve bu orandaki artışın devam etmesinin beklendiğini göstermektedir. Bu veri, prompt mühendisliğinin en azından kısa ve orta vadede önemli bir beceri olarak kalacağını delilidir (On Point: In Pursuit of Prompt Engineers, n.d.).

3.9.2. Prompt Mühendisliğinin Gelişimi İçin Stratejik Planlar

Prompt mühendisliğinin gelişimi ile ilgili planları ele alırken, öncelikli olarak değerlendirilmesi gereken konu prompt mühendisliğine olan ihtiyaçtır. Bir alanda ihtiyaçlar ne denli artırılabilirse bu ihtiyacın çözümüne yönelik çalışmalar da hız kazanacak ve doğal bir motivasyon ortaya çıkacaktır.

Bununla beraber prompt mühendisliğinin gelişim göstereceği alanları küçükten büyüğe doğru ele almak tutarlı olacaktır. Bu bağlamda; üniversite, sanayi bölgeleri ve şehirler şeklinde bir yöntem izlenebilir.

Üniversiteler düzeyinde bir değerlendirme yapacak olursak; Bilgisayar Bilimleri, Dilbilim ve Yapay Zekâ programlarında Prompt Mühendisliğine odaklanan özel dersler sunulmalıdır. Ayrıca, yapay zekâ etiği, dilbilim ve makine öğrenimini birleştiren disiplinlerarası programlar geliştirilmelidir.

Yapay zekâ ve insan etkileşimi çalışmalarında uzmanlaşan üniversite araştırma laboratuvarları oluşturulmalıdır. Yenilikçi istem tekniklerine odaklanan lisans ve lisansüstü araştırma projeleri desteklenmelidir. Akademik kurumlar ile yapay zekâ şirketleri arasında teorik ve pratik bilgi farklarını kapatacak ortaklıklar teşvik edilmelidir.

Öğrenciler ve endüstri profesyonellerinin Prompt Mühendisliği araçlarını birlikte geliştirebileceği iş birliği merkezleri oluşturulmalıdır. Prompt Mühendisliği sorunlarının ele alındığı hackathonlar ve yarışmalar düzenlenebilir.

Sanayi bölgeleri özelinde bir değerlendirmede ise, yapay zekâ ile ilgili endüstrilerdeki profesyoneller için hedeflenmiş eğitim programları tasarlanmalıdır. Prompt Mühendisliği, kurumsal eğitim modüllerine dahil edilmelidir.

Sağlık, finans ve üretim gibi endüstriler için özel istem stratejileri oluşturmaya odaklanılmalıdır. Prompt Mühendisliğini optimize eden araçların geliştirilmesi için yapay zekâ girişimleri ile iş birliği yapılmalıdır.

Prompt Mühendisliğini benimseyen ve yenilik getiren endüstrilere finansman teşvikleri sağlanmalıdır. Prompt Mühendisliğine adanmış tesislere sahip endüstriyel araştırma ortamları kurulmalı ve bu ortamlarda çalışan tesisler için özel muafiyetler kurgulanmalıdır.

Şehirler genelinde bir planda ise karşımıza şöyle bir yol haritası çıkabilir: Prompt Mühendisliği ve yapay zekâ araştırmaları için kaynakları merkezileştirmek amacıyla şehirlerde yapay zekâ odaklı kuluçka merkezleri geliştirilebilir. Yerel işletmelerin bu merkezlere katılımı teşvik edilerek veri odaklı bir ekonomi desteklenebilir.

Vatandaşları yapay zekâ teknolojileri ve prompt mühendisliği konusunda eğitmek için çalıştaylar düzenlenebilir. Ayrıca araştırmacılar ve geliştiriciler için yüksek performanslı GPU'lar gibi hesaplama kaynaklarına erişim sağlanmalıdır. Yapay zekâ hizmetlerinin şehir planlamasına entegrasyonunu destekleyen politikalar da geliştirilebilir.

Tüm bunlar prompt mühendisliği için bir gelişim stratejisi olmakla beraber, önemli olan konu bu bölümün başında da anlatıldığı gibi prompt mühendisliğine ihtiyacın artırılmasıdır.

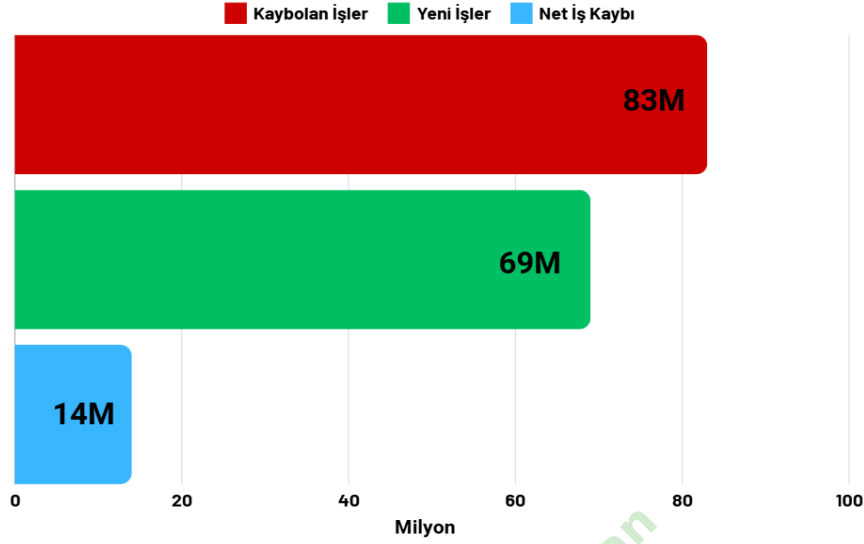
3.9.3. Prompt Mühendisliğinin İş Gücü Dinamiklerine Etkileri

Prompt mühendisliği, iş gücü becerilerinde bir paradigma değişikliği gerektirir. Manuel süreçlere veya statik problem çözme yaklaşımlarına dayanan geleneksel roller, giderek artan bir şekilde yapay zekâ sistemleriyle dinamik etkileşim becerileri gerektirmektedir.

Prompt mühendisliğinin yükselişi, “yapay zekâ prompt uzmanı” ve “yapay zekâ etkileşim tasarımcısı” gibi yeni rollerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. OpenAI ve Anthropic gibi şirketler, istem geliştirme ve optimizasyonuna odaklanan rolleri açıkça ilan ederek büyüyen bir iş piyasasına işaret etmektedir. Ayrıca, pazarlamadan sağlığa kadar birçok sektör, iş akışlarına prompt mühendisliğini entegre ederek uzmanlaşmış kariyer yolları açmaktadır (Human Capital, n.d.).

Yapay zekâ sistemleriyle hassas etkileşimler sağlama yeteneği, prompt mühendisliği sayesinde iş gücü verimliliğini artırmaktadır. Örneğin, yapay zekâ destekli araştırma araçlarını kullanan hukuk firmaları, uzmanca hazırlanmış promptlar sayesinde manuel belge inceleme süresini %70 oranında azaltarak daha hızlı dava analizi yapmaktadır. Benzer şekilde, üretimde prompt odaklı otomasyon, üretim hatlarını daha verimli hale getirerek hataları azaltmıştır.

Dünya Ekonomik Forumu'nun (WEF) 2023 İşlerin Geleceği Raporu'na göre, 2027 yılına kadar iş gücü piyasasında önemli değişiklikler beklenmektedir. Raporda, 69 milyon yeni işin ortaya çıkacağı, ancak 83 milyon işin ortadan kalkacağı öngörülmektedir; bu da yaklaşık 14 milyon net iş kaybına işaret etmektedir (“Future of Jobs Report 2023,” n.d.).



Şekil 29: 2027'ye Kadar Tahmini 14 Milyon İş Kaybını Gösteren Grafik.

Ayrıca, WEF raporu, önümüzdeki beş yıl içinde işlerin %23'ünün dönüşeceğini belirtmektedir. Bu dönüşüm, teknolojik ilerlemeler ve dijitalleşmenin iş gücü üzerindeki etkilerini yansıtmaktadır.

Bu veriler, yapay zekâ, otomasyon teknolojileri ve prompt mühendisliğinin iş gücü piyasasında hem fırsatlar hem de zorluklar meydana getireceğini göstermektedir. Dolayısıyla, iş gücünün bu değişimlere uyum sağlaması için beceri geliştirmek ve yeniden eğitim programlarına yatırım yapmak kritik önem taşımaktadır.

4. SONUÇ

Bu rapor, veri mühendisliği ve prompt mühendisliğinin, günümüz iş dünyası ve teknolojisinin ayrılmaz birer parçası haline geldiğini; bu alanlardaki gelişimlerin, ekonomik büyüme, inovasyon ve rekabet avantajı için kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Aynı zamanda, bu alanlardaki ilerlemelerin, organizasyonlardan bireylere kadar geniş bir yelpazede etkiler oluşturarak toplumsal dönüşümü desteklediği vurgulanmaktadır.

Rapor, Türkiye'nin bu alanlarda küresel ölçekte başarılı ve rekabetçi bir konuma gelmesi için stratejik bir yol haritası sunmakta ve geleceğe yönelik kapsamlı bir perspektif sağlamaktadır. Bu bağlamda, veri mühendisliği, organizasyonların veriyi daha etkin bir şekilde yönetmelerini, analiz etmelerini ve anlamlı içgörüler elde etmelerini sağlayarak, karar alma süreçlerini iyileştirmekte ve operasyonel verimliliği artırmaktadır. Türkiye'deki şirketlerin, bu potansiyeli hayata geçirebilmek için veri mühendisliğine yatırım yapmaları, veri odaklı bir kültür oluşturmaları ve nitelikli veri mühendisi yetiştirme programlarına destek vermeleri gerektiği ifade edilmektedir.

Bu doğrultuda, hükümetin veri mühendisliği altyapısını destekleyici politikalar geliştirmesi, veri güvenliği/gizliliği konularında düzenlemeler yapması ve bu alandaki araştırmaları teşvik etmesi önemlidir. Ayrıca, üniversiteler ve eğitim kurumlarının, veri mühendisliği alanında güncel müfredatlar oluşturarak öğrencileri sektörün ihtiyaçlarına uygun becerilerle donatmaları kritik bir rol üstlenmektedir. Bu çabalar, sektör profesyonellerinin sürekli eğitimi ve gelişimi için düzenlenecek sertifika programları ve eğitimlerle desteklenmelidir.

Diğer yandan, raporda prompt mühendisliğinin, yapay zekâ teknolojilerinin, özellikle üretken yapay zekâ modellerinin potansiyelini ortaya çıkarmak için hayati bir öneme sahip olduğu ifade edilmektedir. Bu alan, kullanıcıların yapay zekâ sistemleriyle daha etkili etkileşim kurmasını sağlayarak, sistemlerin çıktılarını daha anlamlı ve kullanışlı hale getirmektedir. Böylece, yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasında ve etkinliğinde önemli bir kaldıraç görevi görmektedir.

Bu çerçevede, Türkiye'deki şirketlerin prompt mühendisliği alanına yatırım yapmaları, bu alandaki uzmanları istihdam etmeleri ve ilgili eğitimlere destek vermeleri, yapay zekâ teknolojilerinden en iyi şekilde yararlanmalarına yardımcı olacaktır. Üniversiteler ve eğitim kurumlarının da prompt mühendisliği alanında araştırma merkezleri kurması, eğitim programları düzenlemesi ve bu alandaki çalışmaları teşvik etmesi büyük bir önem taşımaktadır. Tüm bu adımların, Türkiye'nin yapay zekâ teknolojileriyle küresel rekabette öne çıkmasına katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Son olarak, raporda veri mühendisliği ve prompt mühendisliği alanlarındaki gelişimi hızlandırmak için tüm paydaşların iş birliği yapmasının gerekliliği vurgulanmaktadır. Veri ve yapay zekâ odaklı bir geleceğin şekillenmesinde, Türkiye'nin aktif rol alabilmesi için bu alanlara yönelik yatırımların artırılması, insan kaynağının yetiştirilmesi ve ekosistemin güçlendirilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu yönde atılacak somut adımlar, yalnızca ekonomik büyümeye değil, aynı zamanda toplumsal refaha ve teknolojik gelişime de katkı sağlayacaktır.

Türkiye'nin, veri mühendisliği ve prompt mühendisliği alanlarında yapacağı stratejik yatırımlarla, küresel ölçekte rekabet edebilir, yenilikçi ve sürdürülebilir bir ülke olma potansiyelini gerçekleştirebileceği belirtilmektedir. Rapor, bu vizyonun hayata geçirilmesi için tüm paydaşları ortak bir çaba göstermeye davet etmektedir.

Bu rapor KOSAM tarafından
özel olarak hazırlanmıştır.
www.kosam.org

KAYNAKÇA

Araştırma Verilerinin Yönetimi: Veri yönetiminin planlanması | TÜBİTAK-ULAKBİM Açık Ders Platformu. (2022, September 21). TÜBİTAK-ULAKBİM Açık Ders Platformu. Retrieved November 22, 2024, from https://acikders.ulakbim.gov.tr/mod/page/view.php?id=5&utm_source=chatgpt.com

Artificial Intelligence and Prompt Engineering. (n.d.). Tiffin. <https://www.tiffin.edu/academics/school-of-science-tech-health/artificial-intelligence-and-prompt-engineering-aipe/>

Arya, N. (2023, April 6). *The Future of Work: How AI is Changing the Job Landscape.* KDnuggets. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.kdnuggets.com/2023/04/future-work-ai-changing-job-landscape.html>

Arya, N. (2023, 4 6). *Veri Mühendisliğinin Önemi. İşin Geleceği: Yapay Zekâ İş Ortamını Nasıl Değiştiriyor?* <https://www.kdnuggets.com/2023/04/future-work-ai-changing-job-landscape.html>

Avrupa Birliği. (2020, 07). Avrupa Beceriler Gündemi. *Avrupa Beceriler Gündemi*, 3. <https://www.abbilgi.eu/sites/default/files/publications/factsheet-avrupa-beceriler-gundemi.pdf>

Awan, A. A. (2023, September 22). *What is Tokenization? Types, Use Cases, Implementation.* DataCamp. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.datacamp.com/blog/what-is-tokenization>

Bach, D., & L. Newman, A. (2019, 01 29). *Which Countries Are Leading the Data Economy? Which Countries Are Leading the Data Economy?* <https://hbr.org/2019/01/which-countries-are-leading-the-data-economy>

Berger, G. (2019, 12 11). *2020 Emerging Jobs Report.* 2020 Emerging Jobs Report. https://techtalent.ca/wp-content/uploads/2019/12/LinkedIn_Emerging_Jobs_Report_US_2020.pdf

Bozkurt, A. (2024, Nisan 3). *Tell Me Your Prompts and I Will Make Them True: The Alchemy of Prompt Engineering and Generative AI.* Praxis. https://openpraxis.org/articles/10.55982/openpraxis.16.2.661?utm_source=chatgpt.com

Business insights, analysis & perspectives. (n.d.). Deloitte. Retrieved November 22, 2024, from <https://www2.deloitte.com/us/en/insights.html>

Business investment since COVID-19. (2021, 01 28). Business investment since COVID-19. <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/economy/spotlight/business-investment-trends-post-covid.html>

Catanzano, S. (2023, 06 13). *15 ways AI influences the data management landscape.* 15 ways AI influences the data management landscape. <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/opinion/15-ways-AI-influences-the-data-management-landscape>

Christan, A., Jensen, A., Bhat, A., Gibson, A., Vernon, A., Merced, A., Manor, A., Madson, A., & Pandey, A. (2018, 1 1). *Data Engineering Guide.* What Is Data Engineering? Responsibilities & Tools. <https://www.dremio.com/resources/guides/data-engineering/>

COVID-19's Impact on Data Centers. (2020, 05 11). COVID-19's Impact on Data Centers. <https://www.sunbirdcim.com/infographic/covid-19%E2%80%99s-impact-data-centers>

Crabtree, M., & guide, s. (n.d.). *What is Prompt Engineering? A Detailed Guide For 2024.* DataCamp. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.datacamp.com/blog/what-is-prompt-engineering-the-future-of-ai-communication>

Cristan, A., Jensen, A., Bhat, A., Gibson, A., Wernon, A., Merced, A., Manor, A., Madosn, A., & Pandey, A. (2022, 4 8). *What Is Data Engineering?* Introduction to Data Engineering. <https://www.dremio.com/resources/guides/intro-data-engineering/>

Data Engineering: A Key Investment for Business Success. (2023, 12 20). Data Engineering: A Key Investment for Business Success. <https://teamcubate.com/blogs/data-engineering-a-skill-still-worth-investing-in>

Data Engineering Explained | MongoDB. (n.d.). MongoDB. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.mongodb.com/resources/basics/data-engineering>

Data Engineering: Importance, Benefits, and Jobs. (2022, December 21). Acceldata. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.acceldata.io/article/what-is-data-engineering>

Data lifecycle management. (n.d.). IBM. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.ibm.com/topics/data-lifecycle-management>

DataPillar. (n.d.). *The Evolution of Data Engineering: Building Pipelines in the Big Data Age.* The Evolution of Data Engineering: Building Pipelines in the Big Data Age. <https://datapillar.ai/the-evolution-of-data-engineering/>

Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices. (2024, 11 7). Data Quality in AI: Challenges, Importance & Best Practices. <https://research.aimultiple.com/data-quality-ai/>

DigitalDefynd. (n.d.). *Evolution of Data Engineering [Past, Present & Future] [2024].* Evolution of Data Engineering [Past, Present & Future] [2024]. <https://digitaldefynd.com/IQ/evolution-of-data-engineering/>

Doe, J. (2024, 11 19). *Prompt Engineering: Limitations of Large Language Models.* <https://www.linkedin.com/pulse/prompt-engineering-limitations-large-language/>

e-estonia.com. (n.d.). *X-Road – Interoperability Services.* X-Road – Interoperability Services. https://e-estonia.com/solutions/x-road-interoperability-services/x-road/?utm_source

Exploring the Relationship Between Data Science and AI. (2023, 09 05). Exploring the Relationship Between Data Science and AI. <https://www.institutedata.com/blog/relationship-between-data-science-and-ai/>

Fluhler, M. (2024, 03 19). *Why Data Quality Matters in the Age of Generative AI.* Why Data Quality Matters in the Age of Generative AI. <https://blog.dataiku.com/why-data-quality-matters-in-the-age-of-generative-ai>

Future of Jobs Report 2023. (n.d.). www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf

The Future of LLM Prompt Engineering: Trends and Innovation. (2024, 11 12). The Future of LLM Prompt Engineering: Trends and Innovation. <https://mindy-support.com/news-post/the-future-of-llm-prompt-engineering-trends-and-innovation/>

GenAI and Prompt engineering for scientific Research. (n.d.). Charm EU. <https://charm-eu.eu/transnational-course/genai-and-prompt-engineering-for-scientific-research/>

Gillis, A. S. (n.d.). *What is a data engineer? | Definition from TechTarget.* TechTarget. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/data-engineer>

Goodrum, W. (2020, 07 24). *Veri Mühendisliğine Yatırımın Olası Riskleri.* Four Common Data Engineering Pitfalls (and How to Avoid Them). <https://www.elderresearch.com/blog/four-common-data-engineering-pitfalls-and-how-to-avoid-them/>

Greyling, C. (2024, 11 21). *The History & Future of Prompt Engineering.* The History & Future of Prompt Engineering. <https://cobusgreyling.substack.com/p/the-history-and-future-of-prompt>

Guide, S. (n.d.). *Evolution of Data Engineering [Past, Present & Future] [2024].* DigitalDefynd. Retrieved November 21, 2024, from <https://digitaldefynd.com/IQ/evolution-of-data-engineering/>

Hearn, J., & Tzankov, K. (2023, 08 14). *Veri Mühendisliğinin Önemi.* Zorluklar ve fırsatlar: Üretken yapay zekâ ile iletişim hizmetlerinin geleceği. <https://www.deloitte.com/global/en/alliances/salesforce/blogs/future-of-communication-services-with-gen-ai.html>

Helena. (2024, 08 15). *What is Prompt Engineering? | Definition, Skills and The Future.* What is Prompt Engineering? | Definition, Skills and The Future. <https://datanorth.ai/blog/what-is-prompt-engineering>

How Data Engineering Will Change in 5 Years. (2024, September 16). Secoda. Retrieved November 21, 2024, from <https://www.secoda.co/blog/future-of-data-engineering>

Howell, J. (2024, 02 05). *The Future of Prompt Engineering: Trends and Innovation.* The Future of Prompt Engineering: Trends and Innovation. <https://101blockchains.com/future-of-prompt-engineering/>

Human Capital. (n.d.). Deloitte. Retrieved December 16, 2024, from <https://www.deloitte.com/global/en/services/consulting/services/human-capital.html>

IBM. (n.d.). *What Is Prompt Engineering?* What Is Prompt Engineering? <https://www.ibm.com/topics/prompt-engineering>

Kaur Gill, J. (2024, 08 23). *Prompt Engineering | Techniques, Models and Applications.* Prompt Engineering | Techniques, Models and Applications. <https://www.xenonstack.com/blog/prompt-engineering>

krishna, v. (2023, August 11). *The Evolution of Data Engineering: A Walk Through Time*. Medium. Retrieved November 21, 2024, from <https://medium.com/@vamshikrish2015/the-evolution-of-data-engineering-a-walk-through-time-1b559f17a59>

Krishna, V. (2023, 08 11). *Veri Mühendisliğinin Gelişimi*. The Evolution of Data Engineering: A Walk Through Time. <https://medium.com/@vamshikrish2015/the-evolution-of-data-engineering-a-walk-through-time-1b559f17a59>

LeewayHertz. (n.d.). *Prompt engineering: The process, uses, techniques, applications and best practices*. Prompt engineering: The process, uses, techniques, applications and best practices. <https://www.leewayhertz.com/prompt-engineering/>

The legal implications of Generative AI | Legal. (n.d.). Deloitte. Retrieved December 16, 2024, from <https://www.deloitte.com/global/en/services/legal/services/legal-implications-of-generative-ai.html>

Lundberg, S. (n.d.). *The Art of Prompt Design: Prompt Boundaries and Token Healing*. Towards Data Science. Retrieved November 22, 2024, from <https://towardsdatascience.com/the-art-of-prompt-design-prompt-boundaries-and-token-healing-3b2448b0be38>

Mage. (2023, 05 04). *Data sources episode 1: Common data sources in modern pipelines*. Data sources episode 1: Common data sources in modern pipelines. https://dev.to/mage_ai/data-sources-episode-1-common-data-sources-in-modern-pipelines-4of7

Malervy, J. (2024, 08 04). *The Future of Prompt Engineering: Trends to Watch in 2025*. The Future of Prompt Engineering: Trends to Watch in 2025. <https://aigptjournal.com/explore-ai-prompts/prompt-engineering-trends-2025/>

Maynard, A. (n.d.). *AI Foundations: Prompt Engineering with ChatGPT*. Coursera. Retrieved December 16, 2024, from <https://www.coursera.org/learn/ai-foundations-prompt-engineering-with-chatgpt>

McKinsey & Company. (2023, 10 18). *On Point*. In pursuit of prompt engineers. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/email/onpoint/2023/10/2023-10-18b.html>

Nayak, N. (2023, December 27). *Top Data Engineering Companies in 2024*. Classic Informatics. Retrieved November 21, 2024, from <https://www.classicinformatics.com/blog/data-engineering-companies-in-2024>

Ng, C. (2024, June 17). *6 Data engineering challenges | Perspectives*. Starburst. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.starburst.io/blog/data-engineering-challenges/>

Nijhawan, N. (2023, 07 26). *Küresel Bağlamda Veri Mühendisliğinin Mevcut Durumu*. Why Do Modern Businesses Need Data Engineering Services? <https://www.vlinkinfo.com/blog/businesses-need-data-engineering-services/>

Nijhawan, N. (2023, 7 26). *Veri Mühendisliği İhtiyaçları*. Modern İşletmeler Neden Veri Mühendisliği Hizmetlerine İhtiyaç Duyar? <https://www.vlinkinfo.com/blog/businesses-need-data-engineering-services/>

On Point: In pursuit of prompt engineers. (n.d.). McKinsey.

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/email/onpoint/2023/10/2023-10-18b.html>

Parker, I., & Morrison, M. (n.d.). *Introduction to legal prompt engineering in generative AI.* Deloitte.

<https://legalbriefs.deloitte.com/post/102iwka/introduction-to-legal-prompt-engineering-in-generative-ai>

Prompt Engineering for ChatGPT Course (Vanderbilt). (n.d.). Coursera. Retrieved December 16, 2024, from <https://www.coursera.org/learn/prompt-engineering>

Prompt engineering for legal: security and risk considerations. (n.d.). deloitte.

https://legalbriefs.deloitte.com/post/102j486/prompt-engineering-for-legal-security-and-risk-considerations?utm_source=chatgpt.com

Prompt Engineering for Finance. (n.d.). deloitte.

https://www2.deloitte.com/us/en/pages/consulting/articles/prompt-engineering-for-finance.html?utm_source=chatgpt.com

Sahoo, P., Singh, A. K., Saha, S., Jain, V., Mondal, S., & Chadha, A. (2024, Şubat 5). *A Systematic Survey of Prompt Engineering in Large Language Models: Techniques and Applications.* Arxiv.

https://arxiv.org/abs/2402.07927?utm_source=chatgpt.com

Schatsky, D., Camhi, J., & Muraskin, C. (2019). Deloitte. *Data Ecosystems.*

https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4603_Data-ecosystems/DI_Data-ecosystems.pdf

Schatsky, D., Camhi, J., & Muraskin, C. (2019, 02 28). *Deloit.* Data Ecosystems.

https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4603_Data-ecosystems/DI_Data-ecosystems.pdf

Singla, A., Sukharevsky, A., Yee, L., & Chui, M. (2024, 05 30). *The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value.* The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value. <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>

The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value. (2024, May 30).

McKinsey & Company. Retrieved November 22, 2024, from

<https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>

Thomas, J. (2024, 07 10). *The Growing Demand for Data Engineers in 2024.* The Growing Demand for Data Engineers in 2024. <https://www.apcinc.com/2024/07/10/the-growing-demand-for-data-engineers-in-2024/>

Tokenization in NLP: Types, Challenges, Examples, Tools. (2023, August 11). neptune.ai. Retrieved November 22, 2024, from <https://neptune.ai/blog/tokenization-in-nlp>

Tokenization | Mistral AI Large Language Models. (n.d.). Bienvenue to Mistral AI Documentation.

Retrieved November 22, 2024, from <https://docs.mistral.ai/guides/tokenization/>

Unleash developer productivity with generative AI | McKinsey. (2023, June 27). McKinsey & Company. Retrieved December 16, 2024, from https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/unleashing-developer-productivity-with-generative-ai?utm_source=chatgpt.com

UPES Online. (2024). *Prompt Engineering: Basics, Uses, Challenges, Examples & Applications*. Prompt Engineering: Basics, Uses, Challenges, Examples & Applications. <https://upesonline.ac.in/blog/prompt-engineering-basics-uses-examples-application>

Varol, A. (2024, 07 20). YAPAY ZEKÂ VE MÜHENDİSLİK: GELECEĞİN İŞ GÜCÜ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. *Günışığı Gazetesi*. <https://www.gunisigigazetesi.net/makale/20981943/asaf-varol/yapay-zeka-ve-muhendislik-gelecegin-is-gucu-uzerindeki-etkisi>

What Is a Data Engineer? A Guide to This In-Demand Career. (2024, October 2). Coursera. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.coursera.org/articles/what-does-a-data-engineer-do-and-how-do-i-become-one>

What Is a Data Engineer? A Guide to This In-Demand Career. (2024, October 2). Coursera. Retrieved November 22, 2024, from <https://www.coursera.org/articles/what-does-a-data-engineer-do-and-how-do-i-become-one>

What is prompt engineering? | McKinsey. (2024, March 22). McKinsey & Company. Retrieved December 16, 2024, from https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-prompt-engineering?utm_source=chatgpt.com

Wikipedia. (2024, 11 19). *Prompt engineering*. Prompt engineering. https://en.wikipedia.org/wiki/Prompt_engineering#Tree-of-thought

Yapay Zekânın İş Gücü Üzerindeki Etkileri. (2024, 07 23). Yapay Zekânın İş Gücü Üzerindeki Etkileri. <https://www.digimondi.com/tr-TR/blog/yapay-zekanin-is-gucu-uzerindeki-etkileri>

Yükseköğretimin İşgücü Piyasasına Etkisi. (2022, 09 01). Yükseköğretimin İşgücü Piyasasına Etkisi. <https://sosyalveri.net/analiz/yuksekogretimin-isgucu-piyasasına-etkisi>



KOSAM

KALKINMA ODAKLI STRATEJİK ARAŞTIRMALAR MERKEZİ



kosam.org | info@kosam.org