



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİLİM TARİHİ VE FELSEFESİ ANABİLİM DALI

YAPAY ZEKÂ SİSTEMLERİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Yüksek Lisans Tezi

Kevser Rukiye Karabuğa Hatipoğlu

Ekim 2022



İSTANBUL MEDENİYET ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİLİM TARİHİ VE FELSEFESİ ANABİLİM DALI

YAPAY ZEKÂ SİSTEMLERİ VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Yüksek Lisans Tezi

Kevser Rukiye Karabuğa Hatipoğlu

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Taha Yasin Arslan

Ekim 2022

TEZ JÜRİSİ ONAYI

Kevser Rukiye Karabuğa Hatipoğlu tarafından hazırlanan "Yapay Zekâ Sistemleri ve Uygulama Örnekleri" başlıklı bu Yüksek Lisans Tezi, Bilim Tarihi ve Felsefesi Anabilim Dalı'nda hazırlanmış ve jürimiz tarafından kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

Tez Danışmanı:

Dr. Taha Yasin Arslan

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Üyeler:

Dr. Öğr. Üyesi Gaye Danışan

Kurumu: İstanbul Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Orhan Güneş

Kurumu: İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 28/ 10/ 2022

BEYANLAR

Yazım ve Kaynak Gösterme Kılavuzu Beyanı

Danışmanlığımda yazılan bu tezin APA yazım ve kaynak gösterme kılavuzunda belirtilen kurallara uygun olarak yapılandırıldığı ve bu kılavuzun metin içi kaynak gösterme standartlarının bu tezde tutarlı olarak uygulandığı tarafımdan incelenerek teyit edilmiştir.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Taha Yasin Arslan

Etik İlkeler Sadakat Beyanı

Hazırladığım bu tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu, akademik ve etik kuralları gözeterek çalıştığımı ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

İmza

Kevser Rukiye Karabuğa Hatipoğlu

ÖZET

Yapay Zekâ Sistemleri ve Uygulama Örnekleri

Karabuğa Hatipoğlu, Kevser Rukiye

Yüksek Lisans Tezi, Bilim Tarihi ve Felsefesi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Taha Yasin Arslan

Ekim 2022, 127 Sayfa

Bu çalışmanın amacı; yapay zekâ sistemi ile çalışan mağaza uygulama örneklerini incelemektir. Amaç doğrultusunda Full ve Hybrid mağaza sistemleri araştırılmış ve yapay zekâ teknolojileri ile çalışan üç mağazanın nasıl, hangi yöntem ve doğrultuda uygulamayı şekillendirdikleri üzerinde durulmuştur. İlk bölümde bilgisayarın tarihinden, yapay zekâ sisteminin çalışma mekanizmasından, yapay sinir ağ tasarımı, yapay zekâ tarihçesi ve yapay zekânın kullanım sahalarından bahsedilmiştir. İkinci bölümde yapay zekâ ile çalışan ya da yapay zekâ ile veri elde edilmesini sağlayan teknolojik kavram ve uygulamalar açıklanmıştır. Üçüncü bölümde yapay zekâ sistemleri ile oluşturulmuş beş akıllı mağaza uygulama örneği incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: bilgisayarın tarihi, yapay zekâ, yapay sinir ağları, akıllı mağaza, yapay zekâ teknolojisi kavramları

ABSTRACT

Artificial Intelligence Systems and Application Examples

Karabuga Hatipoglu, Kevser Rukiye

Master's Thesis, Department of History and Philosophy of Science

Supervisor: Assistant Professor Dr. Taha Yasin Arslan

October 2022

The aim of this study is to examine the store application examples working with artificial intelligence system. For the purpose, Full and Hybrid store systems were researched, and it is emphasized how, in which method and direction the three stores working with artificial intelligence technologies shape the application. In the first part, history of computers, the working mechanism of artificial intelligence system, artificial neural network design, history of artificial intelligence and usage areas of artificial intelligence are mentioned. In the second part, Technological concepts and applications that work with artificial intelligence or provide data with artificial intelligence are explained. In the third part, five smart store application examples created with artificial intelligence systems were examined.

Keywords: history of computers, artificial intelligence, artificial neural networks, smart store, artificial intelligence technological concepts

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı oluşturma sürecimde desteğini ve bilgisini hiç esirgemeyen tez danışmanım Sayın Dr. Taha Yasin Arslan’a ve ders döneminde tüm bilgi birikimlerini bize aktaran İstanbul Medeniyet Üniversitesi akademik kadrosuna sonsuz teşekkür ederim.

Defacto örneğini kaleme alabilmemde desteği olan dönemin Defacto Dijital Öğrenme ve İş Geliştirme Müdürü Kerem Torun’a teşekkür ederim.

Teknik konuları kavrayabilmemde yardımcı olan kuzenim Bilal Karabuğa’ya, koşulsuz desteği ve inancı için annem Hoşnaze Karabuğa’ya, her zaman anlayışı ve teknik konulardaki yardımıyla yanımda olan sevgili eşim Ömer Hatipoğlu’na çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL DİZİNİ	vii
GÖRSELLER.....	viii
TABLolar	x
KISALTMALAR	xi
GİRİŞ	1
BÖLÜM I	4
1.1. Bilgisayarların Tarihi.....	4
1.1.1 Dijital Bilgisayarın Doğuşu.....	5
1.1.2 Elektron Lambaları ile Çalışan Birinci Nesil Bilgisayarlar (1946-1959)	9
1.1.3 Transistörün İcadı İkinci Nesil Bilgisayarlar (1959-1964)	16
1.1.4 Entegre Devre Sistemi, Üçüncü Nesil Bilgisayarlar (1964-1970).....	22
1.1.5 Mikroişlemcili Dördüncü Nesil Bilgisayarlar (1970-1990)	25
1.1.6 Bireysel Kullanıcıya Hitap Eden, Akıllı Beşinci Nesil Bilgisayarlar (1990- ?).....	33
1.2. Yapay Sinir Ağları Tarihi.....	36
1.2.1. Yapay Sinir Ağ Tarihi-Birinci Dönem 1980 Öncesi	37
1.2.1. Yapay Sinir Ağ Tarihi-İkinci Dönem 1980 sonrası	42
1.3. Yapay Zekâ Tarihi	46
1.3.1. Yapay Zekâ Fikri ve Ortaya Çıkış Dönemi	47
1.3.2. Yapay Zekânın Gelişme Dönemi (1950-1974).....	48
1.3.3. Duraklama Dönemi - Yapay Zekâ Kışı (1974-1980)	52
1.3.4. Gelişmelerin Hız Kazandığı Modern Dönem (1980 sonrası)	52
1.4. Yapay Zekâ Sistemleri	62
1.4.1. Uzman Sistem Modeli	62
1.4.2. Makine Öğrenmesi (<i>Machine Learning</i>) Sistemi	63
1.4.3. Derin Öğrenme (<i>Deep Learning</i>) Sistemi	64
1.4.4. Genetik Algoritma Sistemi	64
1.4.5. Bulanık Mantık Sistemi.....	64
1.4.6. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)	65

1.5.	Yapay Zekâ Kullanım Alanları	67
BÖLÜM II		69
2. Yapay Zekâ Sistemlerinin Teorik ve Teknolojik Kavramları.....		69
2.2.	Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)	69
2.3.	Bilgisayar Görüşü (Computer Vision)	71
2.4.	Veri Bilimi (Data Science)	72
2.4.1.	Büyük Veri (Big Data)	73
2.4.2.	Veri Madenciliği (Data Mining)	74
2.5.	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)	75
2.6.	Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi (Radio Frequency Identification - RFID)	76
2.7.	Kamere Sistemleri	77
2.7.1.	Termografi, Termal Kamera	77
2.7.2.	Balık Gözü veya Geniş Açılı Kameralar	78
2.8.	Akıllı Ayna (Smart Mirror- Virtual Mirror)	79
2.9.	Ödeme Sistemleri.....	81
2.9.1.	Kendi Kendine Ödeme (Self Checkouts).....	81
2.9.2.	Akıllı Ödeme (Checkout Free System).....	82
2.10.	Sensör Sistemleri.....	84
2.10.1.	Hareket Sensörü (Algılayıcı)	84
2.10.2.	Akıllı Raf Sensörü.....	85
2.11.	Biyometrik Sistemler	85
2.11.1.	Yüz Tanıma Sistemi (Facial Recognition).....	86
2.11.2.	Ses Tanıma Sistemi.....	86
2.11.3.	El Geometrisi Tanıma Sistemi	87
2.12.	Kioks Makineleri.....	87
2.13.	Akıllı Giysi Kabin Sistemi (Smart Fitting Room)	88
2.14.	Mobil Uygulamalar (Mobile Apps)	89
BÖLÜM III.....		90
3. Yapay Zekâ Uygulama Örnekleri		90
3.1.	Tesco Express: GetGo.....	97
3.2.	Rebecca Minkoff Smart Store	98
3.3.	UNIQLO Smart Store	100
3.4.	Mango Smart Store	105
3.5.	Defacto Fijital Akıllı Mağaza	107

3.5.1.	Yapay Zekâ Mağazasının Ortaya Çıkış Süreci: Geçici Balıkesir Mağazası	108
3.5.2.	Defacto Akıllı Giyim Mağazası: Akasya Alışveriş Merkezi.....	109
3.5.2.1.	Kuruluş: Defacto Akıllı Mağaza Tasarımı ve Uygulaması.....	110
3.5.2.2.	Mağazanın Duraklama Dönemi: Covid-19 Salgını ve Pazarlama Stratejisi.....	112
3.5.2.3.	Son Dönem: Defacto Hybrid Mağazası	113
3.5.2.4.	İdeal Akıllı Mağaza Tasarımına Doğru	114
SONUÇ.....		116
KAYNAKÇA		118

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1. 250 sayısının ikili-onlu sayı düzeni arası dönüşümü.....	5
Şekil 2. Katmanlı ileri beslemeli ağ modeli Adaline modeli	39
Şekil 3. İki ADALINE'lı MADALINE formu.	39
Şekil 4. OR mantıksal işleminin bilgisayar devre sistemindeki gösterimi	41
Şekil 5. XOR problemi girdi ve çıktı elemanları şematik gösterimi.....	41
Şekil 6. Neocognitron'daki katmanlar arasındaki ara bağlantıları gösteren şematik diyagram.....	42
Şekil 7. XOR yapay sinir ağ uygulamasındaki elektrik devre sistemi gösterimi	43
Şekil 8. Geri Yayımlı Öğrenme Algoritması Modeli	43
Şekil 9. Turing Testi	49
Şekil 10. Uzman Sistem Modülü Çalışma Yapısı.....	63
Şekil 11. Biyolojik Sinir Sisteminin Matematiksel Modellemesi.....	66
Şekil 12. Bilgisayarla Görüşü işlemi için CNN mimarisi.....	71
Şekil 13. Veri madenciliğinin ilişkili olduğu saha ve disiplinler.....	74
Şekil 14. IOT sistem şeması	75
Şekil 15. RFID etiket görseli	76
Şekil 16. Termal kamera şematik çalışma prensibi görseli.....	78
Şekil 17. Akıllı ayna şematik görüntüsü	79
Şekil 18. İnsan ve diğer canlı	82
Şekil 19. İnsan ve diğer canlı için belirlenen algılama eşik değer farklılığı.....	85

GÖRSELLER

Görsel 1. MIT Müzesi'nde sergilenen Bush'un diferansiyel analiz cihazı tekerlek ve disk entegratörü görseli	7
Görsel 2. Differential Analyzer'ın problem çözme kurgusu şematik gösterimi	8
Görsel 3. Çıktı paneli görseli, sistem tarafından çözümün kâğıda aktarılması	8
Görsel 4. Tokyo Üniversitesi Endüstriyel Bilimler Enstitüsü tarafından prototiplenen diferansiyel analizör	9
Görsel 5. Röle tasarımı	11
Görsel 6. George Stibitz'in röleleri kullanarak tasarımını yaptığı alet, basit formda	11
Görsel 7. Howard Aiken tarafından tasarlanan, 50 fitten (15 metre) daha uzun olan ve yaklaşık 750.000 bileşen içeren dev hesaplama makinesi, bilgisayar, Harvard Mark I.....	12
Görsel 8. ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), 1946.....	14
Görsel 9. RCA 501 bilgisayar broşürü, transistörün yerleştirildiği ilk bilgisayar.....	17
Görsel 10. 3000'den fazla transistörün yer aldığı IBM 608 hesaplama makinesi, bilgisayar.....	18
Görsel 11. Standard Modular System (SMS) kartı (1959), IBM'in ikinci nesil 7000, 1400 gibi seri bilgisayarlarında kullandığı devre birim elemanı	19
Görsel 12. IBM 1401	21
Görsel 13. Şirketinin 1976'da çıkan süper bilgisayarı Cray-1	22
Görsel 14. Jack Kilby'in entegre devresi	23
Görsel 15. IBM System/360 Model 75, NASA Houston Uzay Uçuş Merkezi	25
Görsel 16. Intel'in ilk mikroişlemcisi 4004	27
Görsel 17. Siemens delikli bant kodlama profili.....	28
Görsel 18. Popular Electronics dergisinin kapağında Altair 8800 isimli bilgisayar donanım parçası, Ocak 1975	29
Görsel 19. İlk Apple bilgisayarı	31
Görsel 20. Apple II bilgisayarı	31
Görsel 21. Osborne I taşınabilir bilgisayar.....	32
Görsel 22. Bombe cihazının arka görünümü, güç paneli, dikdörtgen panelli yapay sinir ağlarına benzer kablolama sistemi	47
Görsel 23. Dartmouth Konferansı – 1956	50

Görsel 24. Modern bir CAPTCHA örneği	58
Görsel 25. Pilotnet kamera görüntüsü, yeşil renkli kısımlar onun şerit işaretlerini, yol kenarlarını ve diğer araçları tanımayı öğrendiğini gösterir	60
Görsel 26. Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulaması örneği	70
Görsel 27. Arttırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak geliştirilmiş Pokemon Go oyunu.....	71
Görsel 28. Akıllı ayna tasarımı.....	81
Görsel 29. Etiketsiz ve logosu olmayan bir ürün	83
Görsel 30. Logosu olan iki ürün	83
Görsel 31. Logosu olan iki ürün ve logosu olmayan bir ürün	83
Görsel 32. Farklı özelliklerde etiketli ve logolu dört ürün	83
Görsel 33. Geometrik şekillere dayalı geleneksel yüz tanıma	86
Görsel 34. İngiltere – Mcdonald’s’ın restoran kioksu.....	88
Görsel 35. Rebecca Minkoff akıllı mağazasının giyinme odaları, aydınlatmayı ayarlayabilen ve satış görevlileriyle iletişime geçebilen etkileşimli aynaları	99
Görsel 36. Uniqlo RFID etiket örneği	101
Görsel 37. Uniqlo akıllı mağazası kendi kendine ödeme noktası	102
Görsel 38. Ürün yerleştirme platformu	102
Görsel 39. Platforma yerleştirilen iki ürün	103
Görsel 40. Giysilerin RFID envanteri	103
Görsel 41. Giysi fiyatları	104
Görsel 42. Kendi kendine ödeme sistemi ile ödemenin tamamlanması	104
Görsel 43. Uniqlo’nun etkileşimli akıllı aynası.....	105
Görsel 44. Seçimleri kaydeden akıllı saat kullanıcısı personel görseli	107
Görsel 45. Mango’nun dijital (akıllı) kabini ve aynası.....	107
Görsel 46. Defacto kioksları.....	112
Görsel 47. Defacto akıllı ayna sistem görseli.....	114

TABLÖLER

Tablo 1. Geleneksel Hesaplama Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları il Hesaplama Yöntemi.....	67
Tablo 2. Akıllı Telefon Sahiplerinin Mağazada Alışveriş Esnasındaki Faaliyetleri .	89
Tablo 3. Akıllı Mağaza Listeleri	93

KISALTMALAR

AR	:Augmented Reality
ML	:Machine Learning
IoT	:Internet of Things
RFID	:Radio Frequency Identification
SCOs	:Self-checkouts
GHz	:Gigahertz
Wi-Fi	:Wireless Fidelity
CNN	:Convolutional Neural Networks
YSA	:Yapay Sinir Ağları
MİB	:Merkezi İşlem Birimi
SMS	:Standard Modular System
RAM	:Random Access Memory
ROM	:Read-only Memory
MITS	:Micro Instrumentation and Telemetry Systems

GİRİŞ

İki bilim insanının bir önceki gün yaptıkları deneyin sonuçlarını tartıştığı anda sözlü tarih başlar. Birbirleri ile paylaştıkları deneyim ve hikâyeler birikmeye başlar, söylentiler yayılır, mitler kurulur (Söderquist, 1997). Tüm bu sürecin sözlü tarih aracılığı ile yazıya aktarılması çağdaş bilim tarihi yazımı ile olacaktır.

1960'lı yıllarda bilim tarihi disiplininde kaynak gösterimi olarak kabul edilen röportaj sayesinde sözlü tarih referanslı projeler oluşturulmaya başlanmıştır. Tarihsel aktörler ile yapılan görüşmeler, kişisel güdüler, resmi olmayan kararlar ve gizli gündemler hakkında yazılı belgelerde bulunmayan bilgilere erişilebilir ve belgelerin yorumlanması ile tarihi çalışma yapanları destekleyebilir (Doel ve Söderqvist, 2006). Sözlü tarihi önceleyen çağdaş bilim, yeni tarihe ışık tutacak kaynakları oluşturmak bu anlamda ileriye dönük atılabilecek bir adım olarak düşünülebilir.

Çağdaş bilim ve teknoloji tarihi yazımı 20. yüzyılın başlarında (modern dönemde) ortaya çıkan bilimsel ve teknolojik gelişmeleri-ilerlemeleri ele alan bir çalışma sahasıdır. Modern dönem bilim ve teknoloji tarihi II. Dünya savaşı sonrası, soğuk savaş dönemi, internet çağı ve dijital devrim olmak üzere alt başlıklarda ele alınabilir. Bilgisayar, cep telefonu, robotik kodlama, yapay zekâ, nükleer enerji, insansız savaş araçları modern dönemde ortaya çıkan bazı icat ve keşiflerdir. Bu tez içerisinde de dijital dönemde uygulama açısından yaygınlık kazanan ve toplum nezdinde de kabul görmeye başlayan yapay zekâ uygulamalarından bahsedilecektir. Bir çağdaş bilim tarihi yazımı olan bu tez gelecekte bugünün tarihine ışık tutması amacını güder.

Yapay zekâ, insana ait düşünme fonksiyonlarının bilgisayar ve teknolojik sistemle çalışan makinelere uygulanmasına verilen isimdir. İnsan gibi düşünebilen bilgisayar tasarlamak ideali, yapay zekâ fikrinin temel çıkış noktası olmuştur. 1950 yılında satranç oynayabilen ilk bilgisayar tasarlanmıştır. Bu bilgisayar, rakibi olan insanın oyundaki hamlelerine göre sonraki elde nasıl bir strateji izleyeceğini belirleyebilecek bir mekanizma geliştirmeye çalışır. Bilgisayarın bu çalışma prensibi, yapay zekâ sistemi öğrenme algoritmalarından olan makine öğrenmesi ile gerçekleşir. İnsanlar tarafından programlanmış olan bu sistem yine kullanıcısından edindiği verileri sembolleştirir.

Geleneksel yapay zekâ sistemi, davranış tanımlamasına göre çalışır. Ancak 2000’lerden itibaren kurulan yapay zekâ sistemleri insan zihninin çalışma prensibini taklit edecek şekilde meydana getirilir. İnsan beynindeki sinir ağlarına benzer biçimde inşa edilen yapay sinir ağlarından oluşan bu yeni sistem; insana ait olan bilinç ve davranış verilerini sensörler yardımıyla elde ettiği veriler sayesinde yorumlayabilen-çıkartım yapabilen makinelere dönüşür.

Yapay zekâ ile çalışacak makineleri tasarlamada kullanılan teknolojik yazılım sistemleri, uzman sistemler, makine öğrenmesi, genetik algoritma ve bulanık mantık sistemleri başlıkları altında toplanır. Uzman sistemler, belli bir meslek grubunun (tıp, hukuk, mühendislik vb.) kendine ait tüm temel ve teknik bilgilerini içeren veri sistemine verilen isimdir. Bu sistem ile çalışan bir bilgisayar, o meslek grubuna ait karşılaştığı bir problemi insan zihnini taklit ederek kategorize eder ve olası sonuçlar içinden uygun olanı seçerek sonuç şeklinde talep edene sunar. Makine öğrenmesi, genetik algoritma ve bulanık mantık yapay zekâ sistemini oluşturan elemanlardır. Ancak bu çalışmanın konusu içerisinde yer almadığı için üzerinde ayrıntılı olarak durulmayacaktır.

Yapay zekâ teknolojik yazılım sistemlerinin kullanıldığı birçok uygulama alanı bulunur. Bu uygulamalar için genel olarak ‘akıllı’ sistemler ifadesi kullanılır. Biz bu çalışmada, son yıllarda yaygınlaşmaya başlayan bir uygulama alanı olarak, bu sistemlerden oluşan teknik ekipmanlara sahip akıllı mağazalar (*smart store*) üzerine yoğunlaşacağız. Müşterilerin davranış ve hareketlerinden veriler elde eden bu mağazalar, geleneksel mağaza modelinin ötesine geçerek daha verimli ve odaklı alışveriş deneyimi ortaya çıkarır. Dahası mağazanın gelecekteki tasarım, yönetim ve projeleri için de önemli geri dönüş verileri sunar.

Çalışmanın ilk bölümünde yapay zekâ sistemleri üzerinde durularak makine öğrenmesi, derin öğrenme, genetik algoritma, bulanık mantık ve yapay sinir ağ kavramları açıklandıktan sonra yapay zekânın tarihçesi ve kullanım sahalarından bahsedilmiştir. Bahsi geçen kavramlar ile anlam şeması oluşturulmaya çalışılırken yapay zekânın ne anlama geldiği, entegrasyonunun yapıldığı cihazlara neden “akıllı” denildiği ve yapay sinir ağlarındaki gelişmelerin yapay zekâ için neden önemli olduğu sorularına yanıt aranmaktadır. İkinci bölümünde yapay zekâ sistemli oluşturulacak bir

mağazanın ihtiyaç duyduğu teknik ve donanımsal kavramlar açıklanmıştır. Bu kavramlar arttırılmış gerçeklik, bilgisayar görüşü, veri bilimi, kamera, sensör, ses ve yüz tanıma sistemleri üçüncü bölümde yer alan uygulama örneklerinde kullanılan teknolojileri kavramak için gerekli olacağını düşündük. Üçüncü bölümde özel olarak seçilmiş beş mağaza örneği incelenmiştir. Bu mağazalardan ilk ikisi yapay zekâ uygulama örneklerinin hayata geçirildiği Amerika Birleşik Devletinde yer alan süpermarket ve giysi mağazasıdır. Üçüncü mağaza olarak teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek kendi ülkesinin yöntem, tecrübe, etik ve hukuk kuralları çerçevesinde yeniden inşa ile daha ileri teknolojik hamlelerde bulunan bir asya ülkesi olan Japonya’da yer alan UNIQLO Smart Store giysi mağazası örneği seçilmiştir. Dördüncü mağaza Avrupa kıtasından seçilmiştir. Bu akıllı mağaza girişimi tüm dünyada perakende satışları yapan Mango Smart Store’ dur. Son uygulama örneği bir Türk markası olan Defacto’nun akıllı mağazasıdır. Defacto’nun mağaza girişimini hayata geçirirken karşılaştığı zorluklar, kullandığı teknolojiler, dünyada bir ilk olan girişimleri incelenmiştir. Bu mağaza örnekleri seçilirken yapay zekâ teknolojilerini en iyi entegre edebilen giyim markaları seçilmeye özen gösterilmiştir. Çalışma bağlamında Asya, Avrupa ve Amerika kıtaları incelendiği için örnekler de bu sahada yer alan ülkelerden seçilmiştir.

BÖLÜM I

1.1.Bilgisayarların Tarihi

Bilgisayar, aritmetik ve mantıksal işlemleri daha önce belirlenmiş bir dizi sisteminde kurallı, programlanmış olarak işlemleri yerine getiren makineye verilen isimdir. Bilgisayarın tarihi hesaplama işlemlerinin yapıldığı basit düzeydeki hesap makinelerinden bugünkü anlamda dijital bilgisayarların icadına kadar dayanır. Bu tez çalışmasında bilgisayarın tarihi incelenirken yirminci yüz yılda dijital bilgisayarın ortaya çıkışı ve bugünkü bilgisayarın nasıl süreçlerden geçerek hayatımıza dâhil olduğu hususları incelenecektir. Bu anlamda dijital bilgisayarın tarihi, Elektron lambaları ile çalışan birinci nesil bilgisayarlar (1945-1959), Transistörün icadı ve ikinci nesil bilgisayarlar (1959-1964), Entegre devre sistemi ve üçüncü nesil bilgisayarlar (1964-1970), Mikroişlemcili dördüncü nesil bilgisayarlar (1970-1990) ve Yapay zekâ donanımlı beşinci nesil bilgisayarlar (1990- ?) beş başlıkta incelenmiştir.

Dijital bilgisayarlar, 1-0 ikili sayı sistemini kullanarak işlem yapar. Ve bu sayı sistemine Binary değeri denilmektedir. Dijital bir bilgisayara girdisi yapılan her bir elemanın 1-0 karşılığı vardır. Mesela “A” harfinin bilgisayar dilindeki karşılığı 01000001 ve sayı kodu da 65’tir. Bilgisayarlar her bir girdi elemanı için bir sayı koduna sahiptir. Bu sayı kodu da işleme girerken 0-1 bilgisayar diline çevrilir.

Bilgisayara girişi yapılan 250 sayısı için bakacak olursak onun 2’li sayı sistemdeki karşılığı 010110011 şeklindedir. Bu sonuca ulaşmak için 250 sayısı 2’ye bölünür ve her bölüm sayısı 2’den küçük bir rakam olana kadar işlem tekrar eder. Binary değeri elde edilirken başa bir adet “0” rakamı eklenir ve tüm sonuçlar en son aşamadaki bölümde dâhil edilip yazılarak ikili sistemdeki karşılığı elde edilir.

menzilleri hesaplamak için diferansiyel denklemlere ihtiyaç duyulur. Diferansiyel analize göre modellenen ENIAC'ın icadından önce analog olarak çalışan bilgisayar yani hesaplama cihazı tasarlanmıştır.

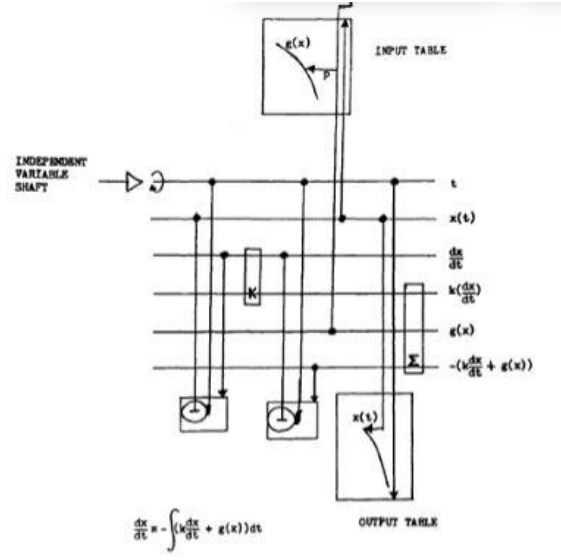
1930 yılı MIT (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) bünyesinde yer alan Vannevar Bush (1890–1974), *Bush's Machine* olarak da anılan modern bilgisayarın öncüsü *Differential Analyzer*'ı icat etmiştir. Bu bilgisayar elektronik olarak işleyen analog bir bilgisayardır (McCartney, 1999). Makine altıncı dereceden diferansiyel denklemlere kadar çözümleyebiliyordu ancak her seferinde sistemin tekrar kurulması gerekiyordu. Sistem teller, şaftlar, tekerlekler ve kasnaklardan oluşan 1000 adet çarklıdan oluşur. Altıncı dereceden bir diferansiyel denklem işlemi yapabilmek için her bir dereceye mekanik entegratör gereklidir. Tek bir giriş işlemini entegre edebilen bir mekanik entegratör¹, büyük dönen bir disk ve ondan daha küçük dönen bir tekerlekten oluşur. Bu disk sistemde pikabın dönen tablası gibi yere düz bir şekilde konumlandırılır. Motor çalıştığı sürece de sabit bir hız ile döner. Küçük tekerlek ise disk yüzeyine gelecek şekilde konumlandırılır ve disk döndükçe tekerlekte döner. Diskin dış ve iç kısmının dönüşü tamamlaması farklı sürede olacaktır. Yani disk üzerine yerleştirilen tekerleğin dönme hızı, tekerleğin diskin merkezinden ne kadar uzakta konumlandığına bağlıdır. Küçük tekerleğin disk üzerinde konumlandırılması diferansiyel denklemin işleme girmesini sağlayacaktır (Lundberg ve Pereverze, 2005).

¹ Entegratör sayısı ne tür bir diferansiyel denklemin çözümlenebileceğini gösterir. İki entegratöre sahip bir Differential Analyzer, tek bir ikinci dereceden veya iki birinci dereceden oluşan denklem problemini çözebilir. (Lawrance, <https://www.marshall.edu/math/research/differential-analyzer/>)

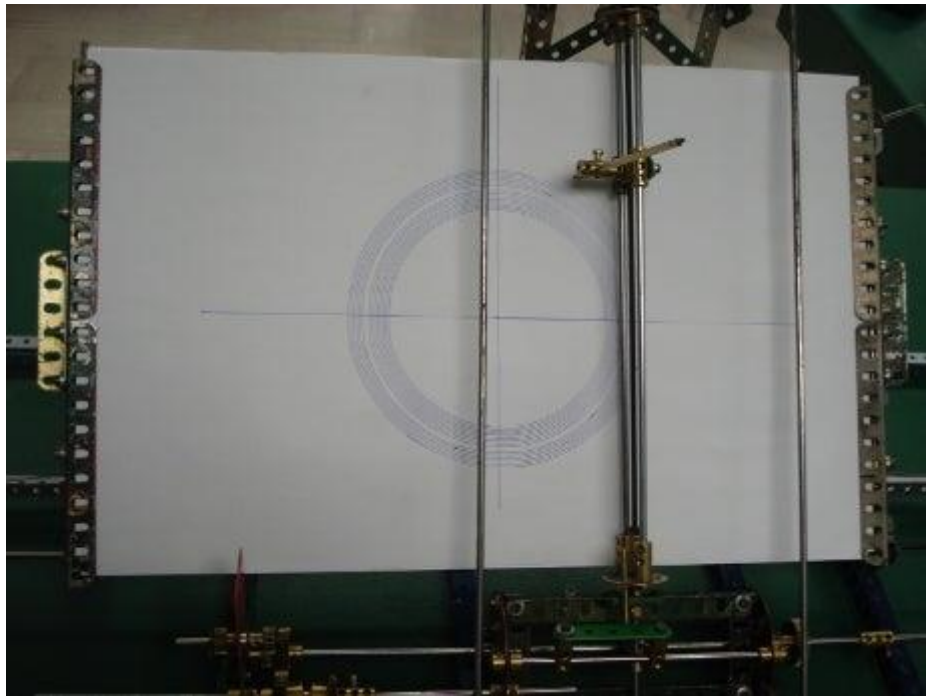


Görsel 1. MIT Müzesi'nde sergilenen Bush'un diferansiyel analiz cihazı tekerlek ve disk entegratörü görseli (Lundberg ve Pereverze, 2005)

Diferansiyel denklemleri çözebilen bu makinede işleme giren hesaplamada işlemler arasındaki bağlantılar birbirine entegre dişli ve çarklar ile sağlanmaktaydı. Çözülme istenen denklem giriş panelinden disk ve tekerlek entegratörüne iletilir ve bir işlem dizimi oluşturulur (Owens, 1986). Disk üzerinde dönen çarklar girişi yapılan sayılara karşılık gelmektedir. (Goldstine ve Goldstine, 1946). Kurguya göre dönen dişli ve çarklar yapılan her işlemten sonra diğer dişliye işlemi iletir. Nihayetinde sonuca ulaşan işlem Görsel 3'te olduğu gibi kağıda çıktı olarak aktarılır.

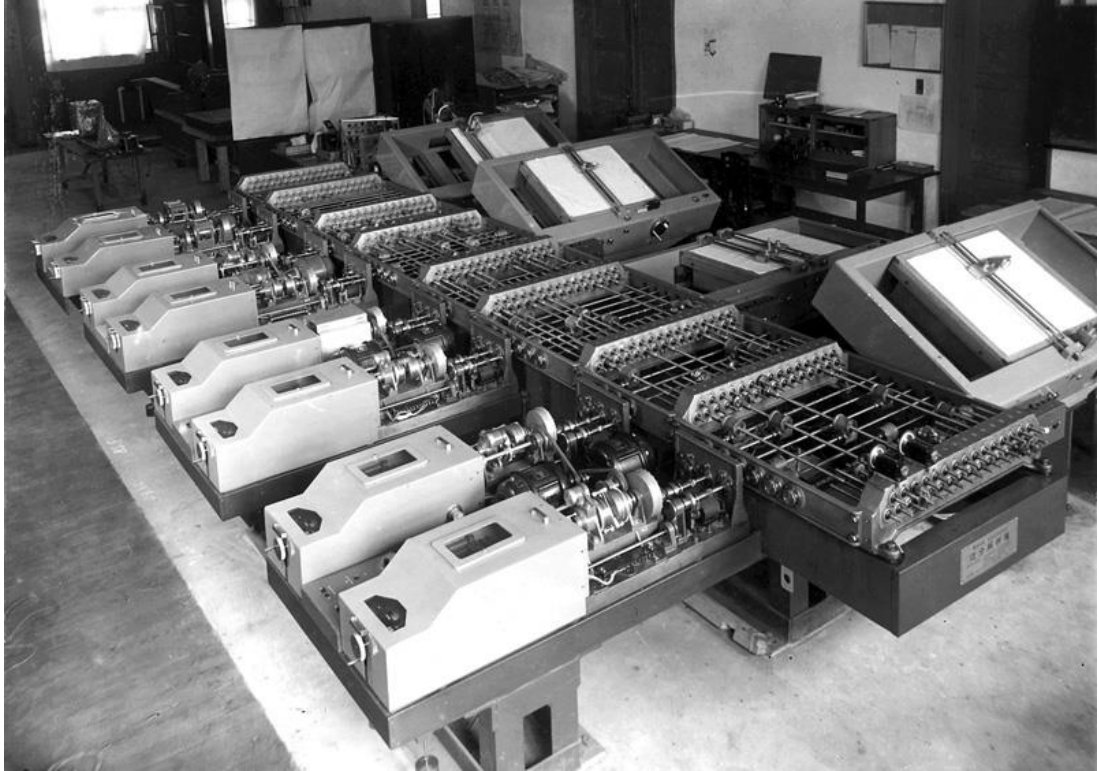


Görsel 2. Differential Analyzer'ın problem çözme kurgusu şematik gösterimi (Owens, 1986).



Görsel 3. Çıktı paneli görseli, sistem tarafından çözümün kâğıda aktarılması (Owens, 1986)

Analog ve dijital bilgisayar arasındaki köprüyü oluşturan Bush'un Makinesi karmaşık diferansiyel denklemlerin çözümlenmesindeki adımdır. Ancak bu analog makinenin kurgusunda yapılacak küçük bir hata ya da disk kayması ile çarkın sayı atlaması problemin sonucunun yanlış eldesini vereceği için kullanışlılık olarak yerini hızlı bir şekilde dijital bilgisayara bırakacaktır.



Görsel 4. Tokyo Üniversitesi Endüstriyel Bilimler Enstitüsü tarafından prototiplenen diferansiyel analizör (<http://museum.ipsj.or.jp/en/computer/dawn/0064.html>)

1.1.2 Elektron Lambaları ile Çalışan Birinci Nesil Bilgisayarlar (1946-1959)

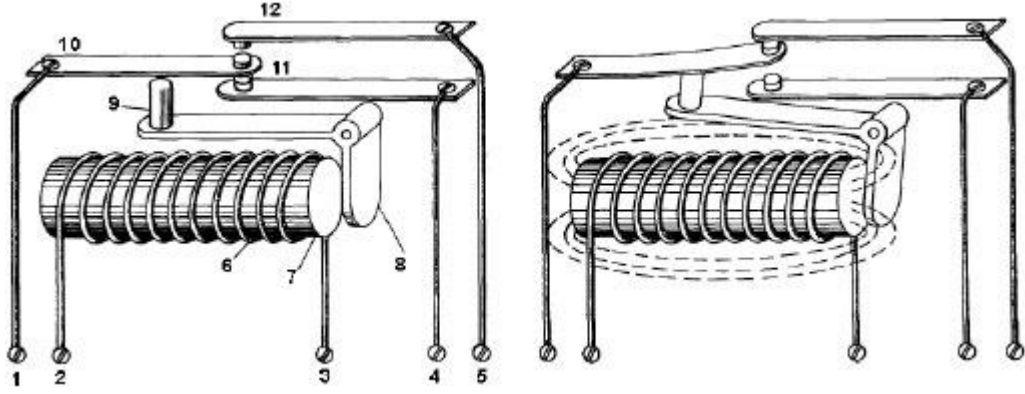
Bilgisayar teknolojisinin hızlı bir şekilde ilerleyip yeni entegrasyonlara uyumlanmasını kolaylaştıracak buluş binary (ikili sayı sistemi) değerlerinin bilgisayarlarda kullanılmaya başlanması ile olmuştur. 1667' de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) tarafından geliştirilen ikili sayı sistemi, bilgisayarlarda röle anahtarını çalıştırmak için kullanılmıştır.

1930 yılının ortalarında Bell Telefon Laboratuvarı işaretler ile elektrik hesaplaması yapabileceğini düşünüyordu. Bu anlamda, telefonda girişi yapılmış bir numaranın elektrik sinyallerine dönüştürülme meselesi çalışmanın başlangıç problemi olmuştur (McCartney, 1999). Laboratuvarda çalışan araştırmacılar yedi adet bilgisayar tasımı yapmıştır. Her biri tasarlanırken telefonlarda kullanılan röleler² ve kayıt cihazlarından yararlanılmıştır. Bu anlamda oluşturulan bilgisayar tasarımlarında ilki teşkil eden örnek ise 1938’de Bell Telefon Laboratuvarı araştırmacılarından Dr. George R. Stibitz’in (1904-1995) röleler ve çapraz çubuk anahtarı kullanarak tasarladığı sistemidir. Bu sisteme de *Complex Number Computer* (Karmaşık Sayı Bilgisayarı) ismini vermiştir. Sistem, bir problemi çözmek için bir dizi basmalı düğme ve cevabı kaydetmek için bir tele daktilodan oluşuyordu. (Andrews, 1951).

Karmaşık sayılarda çarpma ve bölme işlemlerini gerçekleştirebilen bu bilgisayar aynı zamanda toplama ve çıkarma işlemlerini de yapabilmekteydi (Andrews, 1951). Karmaşık sayı problemlerini çözebilen bu cihazın esas farklılaştığı nokta ise işlemleri 2 tabanlı sayı sistemini kullanarak çözümleyebildiği devrelere sahip olmasıdır. Stibitz’in devre sistemi 1 rakamı için yanıp sönen ve 0 rakamı için karanlık halde duran lambalara sahipti. Lambaların yanması da sistemde yer alan röleden elektrik akımının geçmesi ile ilişkilidir. Akım geçip lamba yanarsa “1” yani bulanık mantıktaki doğru önermesi, akım geçmez ve lamba yanmaz ise de “0” yani yanlış önermesi elde edilirdi (Ekiz, Vatansever vd., 2000).

Stibitz, geleneksel 10 tabanlı sayı sistemi yerine 1’ler ve 0’lardan oluşan 2’li sayı sistemini kullanarak dijital bilgisayarın da çalışma prensibini belirleyecek hamleyi yapmıştır. Ondalık sayıları her biri dört ikili basamaktan (bit) oluşan gruplar şeklinde kodlamıştır. Bunlar, 0 için 0000, 1 için 0011, 2 için 0010, 3 için 0011, 4 için 0100, 5 için 0101, 6 için 0110, 7 için 0111, 8 için 1000 ve 9 için 1001 şeklinde belirlenmiştir. Bilgisayara girişi yapılan işlemin elektrik ile rakamlara dönüştüren devreler nihayetinde zekâyı işlemek yani yapay zekâyı oluşturarak onun öğrenmesini sağlayacak programlamayı oluşturacaktır (McCartney, 1999).

² Telefonlarda kullanılan röleler uzaktan kumanda edilebilen açma kapama sistemine sahiptir bu da mantık devrelerini kullanan bilgisayarları tasarlamada elverişli bir teknolojidir.



Görsel 5. Röle tasarımı. Elektrik akımı verilmemiş halde çalışmaz konumdaki röle (sol görsel), akım verildikten sonra birbirine değen 10-12 numaralı metallere 1-5 arasındaki bağlantının sağlanması (sağ görsel) (<https://history-computer.com/>)



Görsel 6. George Stibitz'in röleleri kullanarak tasarımı yaptığı alet, basit formda (Reprodüksiyon) (<https://www.computerhistory.org/timeline/1937/>)

Harvard Üniversitesi'nde hesaplama makineleri üzerine çalışan Howard Hathaway Aiken (1900-1973), IBM ile anlaşma yaparak bilgisayarı üniversite ortamına sokarak akademik anlamda kullanılmasını sağlayan kişidir. *Automatic Sequence Controlled Calculator* (ASCC) yani Harvard Mark I, 1937 yılında Aiken tarafından tasarlanan,

IBM mühendisleri tarafından da planlanarak üretimi yapılmış ve 1944 yılında IBM tarafından Harvard Üniversitesi'ne hediye olarak verilmiştir. Bu hesaplama makinesi röleler, diskler, elektrikli motor ve elektriği rölelere iletecek kablolardan oluşmaktaydı (McCartney, 1999). Röle işlemci ile çalışan bu makine, IBM'in delikli kartlarını kullanan ilk bellek programına sahip otomatik bir hesap makinesiydi. Diferansiyel eşitsizlikleri çözmede kullanılmıştır ve dakikada bir logaritmik hesap ya da üç toplama işlemini yapabilecek donanıma sahiptir (Ekiz, Vatansever vd., 2000). İkinci dünya savaşı döneminde Harvard Üniversitesi'ne hediye edilen Harvard Mark I, dönem koşulları sebebi ile deniz kuvvetlerinin ihtiyaç duyduğu mil hesaplamalarını yapmak için kullanılmıştır



Görsel 7. Howard Aiken tarafından tasarlanan, 50 fitten (15 metre) daha uzun olan ve yaklaşık 750.000 bileşen içeren dev hesaplama makinesi, bilgisayar, Harvard Mark I (<https://www.britannica.com/technology/Harvard-Mark-I>)

İkinci dünya savaşında radyo dalgalarıyla haberleşmenin yaygınlaşması sonucunda askeri haberleşmelerde kolaylık ve bu kolaylığa bağlı olarak da gizlilik ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda Almanya, ordu-içi istihbarat haberleşmeleri için bir şifreleme yöntemi geliştirdi. Bu şifreleme, gönderilecek mesajın 'Enigma' adındaki bir makine tarafından gizli koda dönüştürülmesi ile çalışmaktaydı. Kod, radyo yoluyla alıcıya ulaştırılıyor, ardından alıcı elindeki diğer bir 'Enigma' makinesini kullanarak kodu yeniden mesaja dönüştürüyordu. Mesajın çözümlenebilmesi için mesajı gönderen ile

alıcının bildiği ortak bir anahtar kod gerekiyordu. Alman askeri istihbaratını savaşta her zaman bir adım önde tutan bir şifreleme sistemi, öncelikle Polonya'daki ardından İngiltere'deki bilim insanlarının hedefine yerleşmiştir. Bu çerçevede Alan Mathison Turing yönetiminde İngilizlerden oluşan araştırmacı bir grup, 1939 Enigma şifrelerini çözümlmeye yarayacak (Yorgancıoğlu, 2016) tahmin yürütebilen bir cihaz tasarlamayı başarmışlardır. Bu cihaz modern anlamda çalışan dijital bilgisayarın hayata geçirilmesindeki ilk adımdır (Koyuncu, 2015).

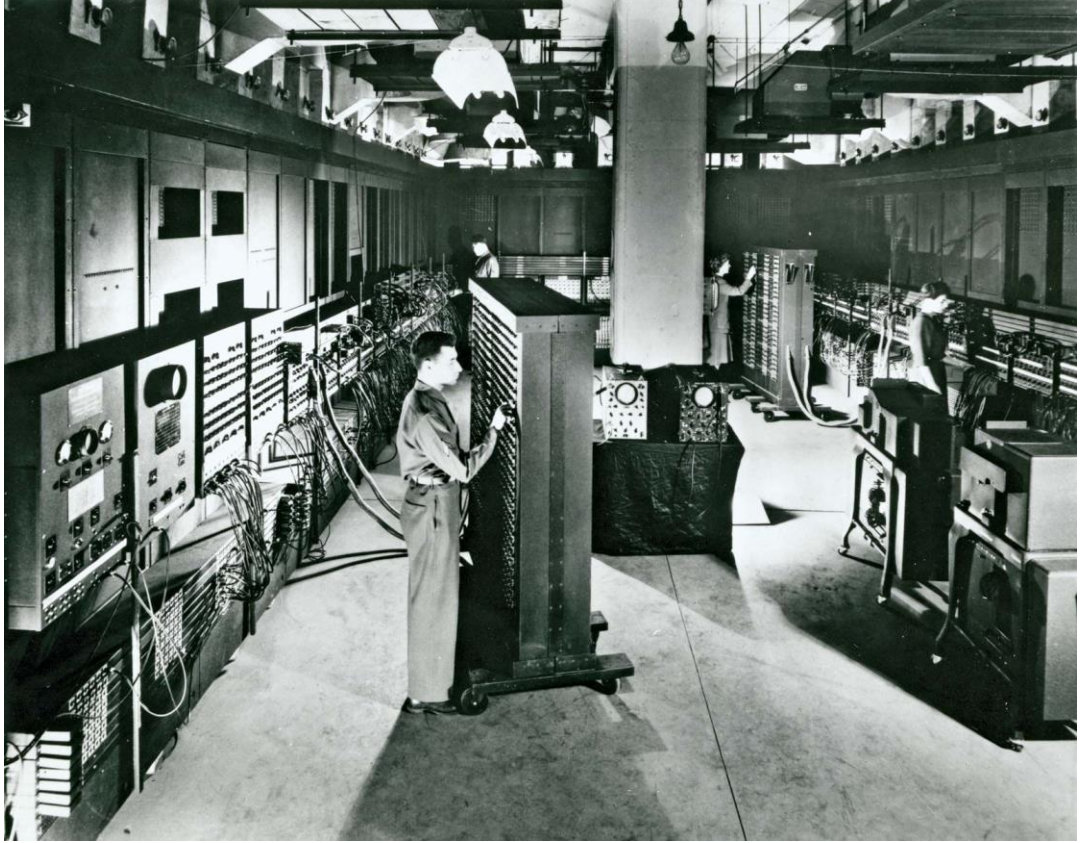
İkinci dünya savaşı döneminde dünyanın ilk elektronik dijital bilgisayarı olan ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), Amerika Birleşik Devleti Ordu Mühimmat Dairesi tarafından finanse edilen ve Moore Okulu³ bünyesinde John William Mauchly (1907-1980) ve John Adam Presper Eckert Jr. (1919-1995) tarafından yönetilen bir ekip ile 1943 yılında tasarımına başlanıp 1946 yılında tamamlanmıştır (Weik, 1961).

ENIAC, 18.000 mil uzunluğundaki vakum tüplü kablolarla dolu kırk dokuz fitlik uzun dolaplardan oluşan otobüs boyutunda bir cihazdır. Otuz ton ağırlığında 6.000 adet devre, 1.500 adet röle ve IBM'in delikli kart okuyucusu (Goldstine ve Goldstine, 1946) kullanılan bu makine çalıştığında 140 KW/saat enerji harcayarak o döneme kadar yapılmış en hızlı bilgisayardır ve saniyede 5.000 toplama işlemini yapabilecek kapasitededir. Analog bilgisayarda işlem dizimi el ile ayarlanırken ENIAC'ta hesaplama işlemi, hesaplama yapılmaya başlanmadan önce problemin makineye girdisinin yapılması ve cihazın tüm bu işlem dizimini otomatik olarak yapabilmesi esasına dayanır. İşlem sırasına göre programlama yapılmalıdır. Yani öncelikli olarak karekök alma mı, toplama mı yoksa çarpma mı yapılacak belirlenmelidir ve ona uygun şekilde düzenek ayarlanmalıdır. Programlama için paneller arası kablolama ve anahtar düzeneğinden yararlanılmıştır. Her işlem için manuel olarak programlama yapılması gerekmekteydi bunun için ise panellerde yer alan kablo düzeneklerinin uygun şekilde ayarlanmalıdır.

Bilgisayara veri girişi delikli kart okuyucusu ile yapılır ve işlenmiş veriler de yine IBM'in kart okuyucusu ile deşifre edilirdi 1943 yılına dayanan ilk tasarımı merkezi bir

³ Pensilvanya Üniversitesi'ne bağlı Elektrik Mühendislik Okulu. Alfred Fitler Moore'un bağışları ile 4 Haziran 1923'te Amerika'da kurulmuştur.

hafızaya sahip değildi (Weik, 1961), bellek birimi her biri 10 basamaklı sayıyı hafızasında tutabilen 20 adet akümülatöre (ön hafıza bölgesi) sahipti. İşlemleri 10'lu sayı sistemine göre yapan 1943 ENIAC tasarımından sonra 1946 yılındaki, son haline, John Von Neuman'ın (1903-1957) eklemeleri ile birlikte ikili sayı sistemine göre hesap yapan bilgisayar tasarlandı. Bu tasarım da 1955 yılına kadar kullanılmıştır (Ekiz, Vatansever vd., 2000).



Görsel 8. ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), 1946
(<https://www.britannica.com/technology/ENIAC>)

EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*), John von Neumann'ın ENIAC tasarımının son halinde kullandığı iki tabanlı sistemine göre oluşturulmuş bir elektronik bilgisayardır. Bu cihaz da yine Amerika Birleşik Devletleri'nin Ordu Mühimmat Dairesi'nin kullanımı için yapılmıştır. ENIAC'tan daha hızlı olarak tasarlanan bu bilgisayar sayısal vebellek kapasitesine sahip ilk bilgisayardır (Ekiz, Vatansever vd., 2000).

Neuman, Eckert ve Mauchly ile diğer Moore Okulu araştırmacı mühendislerinin fikirlerini geliştirmelerine yardımcı oldu ve bilgisayarın yapısının işleyişini anlatan 101 sayfalık olarak hazırladığı EDVAC Raporu metninde tüm operasyonları yönetecek merkezi bir kontrol ünitesine dayalı bir bilgisayar yapımını önermiştir. Bu bilgisayar, aritmetiğin temel işlemlerini yapabileceği merkezi aritmetik kısmına, işlemleri uygun şekilde sıralayabileceği merkezi kontrol organına, uzun ve karmaşık işlem sıralarında hatayı ortadan kaldırmak için geniş hacimli bir hafızaya, işlemleri sonraki aşamaya aktarmak için bilgi aktarım organına ve elde edilen sonuçları görüntüleyebilmek için çıktı organına ihtiyaç duyar (Neuman, 1945). Neuman 1945 yılında kaleme aldığı bu taslakta depolanmış programlı, seri işlem yerine paralel işlem yapabilecek bir bilgisayarın mimarisini ana hatlarıyla açıklamıştır. Santraller, delikli kartlar ve kâğıt gibi daha önce bilgisayarlarda kullanılan hantal programlama yöntemlerine olan ihtiyacı da ortadan kaldıracak bir hamlede bulunmuştur.

UNIVAC (*Universal Automatic Computer*), 1950 yılında ticari amaçla üretilen ilk bilgisayardır. Moore Okulu'ndan ayrılarak kendi bilgisayarlarını tasarlamak isteyen Eckert ve Mauchly Elektronik Kontrol Şirketi'ni (*Electronic Control Company*) kurdular. Daha sonra Pensilvanya merkezli Eckert–Mauchly Computer Corporation (EMCC) olarak şirketin ismini değiştirmişlerdir. Şirket, UNIVAC'tan önce askeri, sivil ve endüstri amaçlı tasarım ve üretim yapan Amerikan uçak firması Northrop Aviation için BINAC (*Binary Automatic Computer*) adında bir bilgisayar tasarımını yaptı (McCartney, 1999).

UNIVAC I ise Amerika devleti Nüfus Sayım Bürosu için tasarlanıp üretime alınmıştır. Bu makine depolanmış programlama ile çalışmaktadır. Depolanmış programlama da daha önce sayısal olarak kodlanmış talimatlarla çalışmaktaydı. Bu talimatları kodlamak için kullanılan kurallara da makinenin dili deniyordu. Daha sonra bu makine dillerine yapay sinir ağları denilecektir.

1950 yılının sonuna doğru UNIVAC II piyasaya sürüldü. Bu makine, UNIVAC I'in yeni programlama dillerine uyum sağlayamadığı için üretilmiştir. Elektron tüpleri ile çalışan sınırlı bellek kapasitesi sebebi ile karmaşık işlemleri yapabilmekten uzak dev bilgisayarlar birinci kuşak bilgisayar dönemi içinde ele alınabilir. Hantal bilgisayar

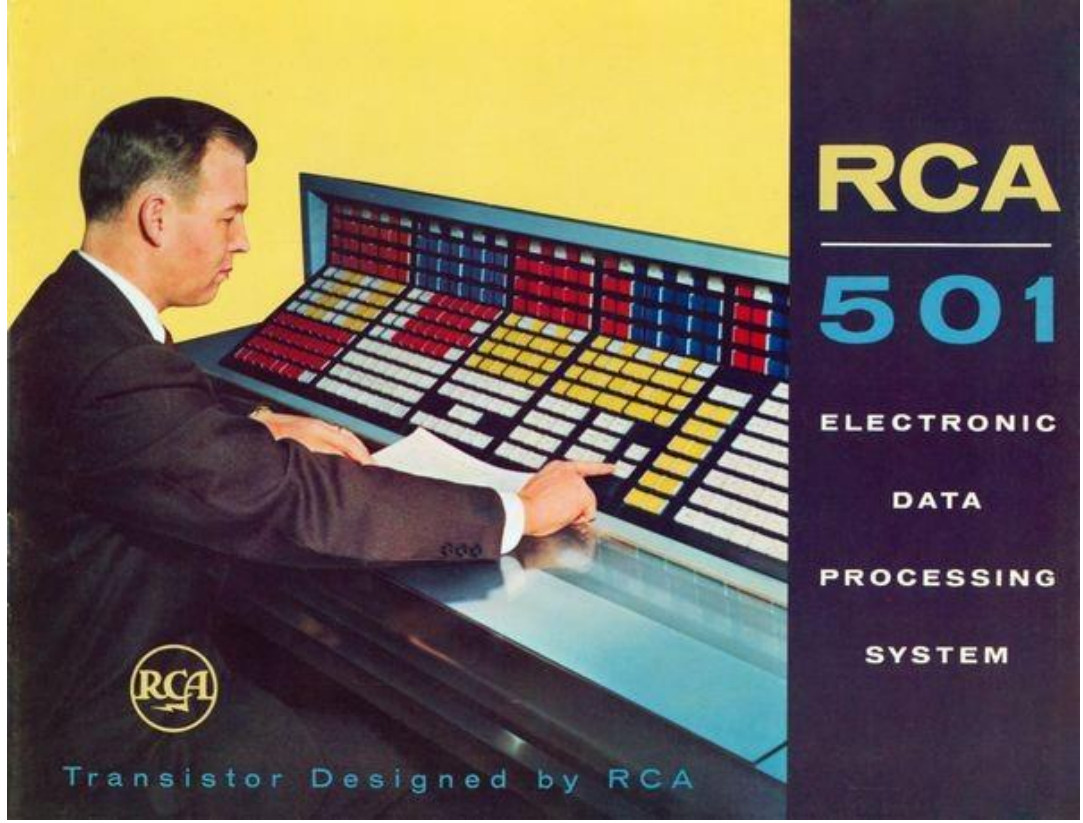
döneminden bugünün küçük bilgisayarlarına evrilme ise transistörün icadı ile olmuştur.

1.1.3 Transistörün İcadı İkinci Nesil Bilgisayarlar (1959-1964)

Transistör, 1947-48'de Amerikan Telefon ve Telgraf Şirketi Bell Laboratuvarında (*American Telephone and Telegraph Company's Bell Laboratories*) üç Amerikalı fizik bilimi çalışanı John Bardeen, Walter H. Brattain ve William B. Shockley tarafından icat edilmiştir. Yarı iletken özellikteki transistör, elektrik sinyallerini yükselten, kontrol eden ve üreten bir cihaz olarak tasarlanmıştır. Küçük boyutu, düşük ısı üretimi, yüksek güvenilirliği ve düşük güç tüketimi, karmaşık devreleri minyatürleştirilmesinde bir atılımı mümkün hale getirdi (Riordan, 2022). Bu sayede transistör ile çalışan bilgisayarlar, elektron lambaları ile çalışan bilgisayarlardan daha az enerji harcayan ve hacim olarak da birinci nesle göre daha küçük boyutlu bilgisayarların üretilmesinin önünü açmıştır.

Hesap makinesi ve orta düzeyli bilgisayar üreticisi olan Amerikan şirketi Burroughs, Amerika merkezli mekanik sistem düzenekleri üreten NCR şirketi (*National Cash Register*), 1885'te kurulan sıcaklık ölçer ve modern termostatı bulan; bugünün yapay zekâ uygulamalarının da öncüsü olan çok uluslu teknoloji şirketi Honeywell⁴, Amerikan elektronik ve haberleşme şirketi RCA (*Radio Corporation of America*) transistör ile tasarlanan bilgisayar modellerinin öncüleridir.

⁴ Ayrıntılı bilgi için: <https://www.honeywell.com/us/en/company/our-history>



Görsel 9. RCA 501 bilgisayar broşürü⁵, transistörün yerleştirildiği ilk bilgisayar (<https://www.computerhistory.org/revolution/mainframe-computers/7/166/664?position=0>)

IBM şirketinin 700 serisi bilgisayarları vakum tüpleri ile çalışır iken ikinci nesil bilgisayarları olarak anılan 7000 serisini modellerini tasarlayarak yeni teknoloji döneminin takipçisi olmuştur (Ekiz, Vatansever, Zengin vd. 2000). 7000 serili bilgisayarları 1958 yılında imal edilen 7070 modelinde olduğu gibi tamamen transistörün entegre edildiği sistem ile çalışan bilgisayarlar değildir. Bu sebep ile 7000 serisi bilgisayarlar yarı transistörlü olarak imal edilen ve programlaması da delikli kartlar ile yapılan bilgisayarlardır. Geliştirdiği her yeni 7000 serili bilgisayarında da tamamen transistör ile çalışan bilgisayar tasarımını yapmayı amaç edinir. Bu anlamda herhangi bir vakum tüpüne ihtiyaç duymadan tamamen transistör ile çalışan ilk bilgisayarı IBM 608 (1959) modelidir. Cihazda transistör devreleri *Standard Modular System* (Standart Modüler Sistem) (SMS) teknolojisi kullanılarak bir araya getirilmiştir. IBM 608, kontrol paneli ile programlama yapar ve elektrik kesintisi olsa

⁵ Computer History Museum, Nesne Kimlik Numarası: 102646273

bile belleğinde dokuz haneli kırk sayıyı saklayabilir. Vakum tüpleri ile çalışan modellere göre bilgisayar boyutunu yüzde elli oranında küçülterek transistörlü çalışan 608 modeli güç gereksinimini ve ısıyı yüzde doksan azaltarak soğutuculara ihtiyaç olmadan ofis alanlarında kullanıma uygun halde yapılmıştır (Cruz, 2021). IBM'in 608 modeli saniyede 4.500 toplama işlemini yapabilmekteydi. Girdi ve çıktının aynı üniteden yapıldığı makinede girişte işleme giren delikli kartlardaki veri, çıktı bilgisi olarak farklı bir karta delikler açarak işlenirdi (https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV2214.html).



Görsel 10. 3000'den fazla transistörün yer aldığı IBM 608 hesaplama makinesi, bilgisayarı (https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV2214.html)



Görsel 11. Standard Modular System (SMS) kartı⁶ (1959), IBM'in ikinci nesil 7000, 1400 gibi seri bilgisayarlarında kullandığı devre birim elemanı (computerhistory.org)

Dönem içerisinde imal edilen IBM'in 1401 (1959) ikinci nesil bilgisayarları, genel amaçlı (özel sektör firmaları ve halka hizmet veren) olarak tasarlanmıştır. Tamamen transistör ile imal edilen cihaz, IBM'in o döneme kadar satışını en çok yaptığı ürün olduğundan dolayı bilgisayar endüstrisinin Model-T Ford'u olarak anılmıştır (Bashe, Johnson, Palmer vd. 1986). Bilim ve teknoloji tarihindeki yeri onun ile ilgili detaylı bilginin (Mahoney, 1987) elde edilebilmesini olanaklı kıldığı için burada örnek olarak incelenecektir.

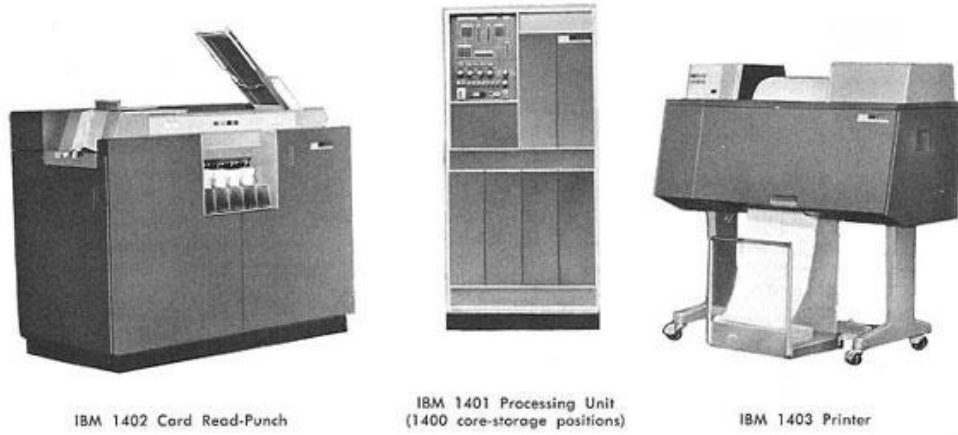
Delikli kartlar ile bağımsız olarak çalışabilen IBM 1401 bilgisayarı, kart okuma ve delme, çıktı kartlarının ayrılması, hesaplama ve yazdırma gibi birden fazla işlemi tek başına gerçekleştirebilir. 1401 cihazı, işlem biriminde sekiz basamaklı sayılar ile bir dakikada 193.300 toplama veya altı basamaklı sayılara kadar 25.000 çarpma işlemini gerçekleştirebilir kapasitede imal edilmiştir (ibm.com).

⁶ Computer History Museum, Nesne Kimlik Numarası: 102626596
<https://www.computerhistory.org/revolution/mainframe-computers/7/164/653>

Transistör devlerinin sağladığı hız ile önceki modellerine oranla üç kat daha hızlı veri kaydı yapabilen 1401 bilgisayarı verileri depolamak için manyetik çekirdekli bantlardan yararlanmaktaydı. Bellekte kaydı yapılmak istenen verilerin “1” girdisi için manyetik bant (teyp) saat yönünde “0” girdisi için ise saat yönünün tersinde dönerek depolama işlemini gerçekleştirmektedir. Bilgisayar altı âdete kadar birbirine bağlanmış manyetik teyp ile veri depolayabilir. Birbirine entegre bu teypler verileri makaradan makaraya aktarabilme yeteneği sayesinde 20 milyon baytlık kapasiteye kadar çıkabilen hafızaya sahip olabilmektedir (ibm.com). Teypler arasındaki aktarım ile de sistem bugünkü anlamda hata kontrol mantığını içeren girişimde bulunmuştur.

Bilgisayardaki talimatlar tek bir karakter ile tanımlanmıştır. Mesela “A” toplama işlemi, “B” kaydı isimlendirme, “C” karşılaştırma-kıyaslama işlemi, “E” düzenleme, “L” yükleme, “M” veriyi taşıma, “S” çıkarma işlemi, “1” okumak yapabilme, “2” yazdırma yapabilmek için kullanılan bazı karakterlerdir (ibm.com).

IBM 1401 genellikle FORTRAN programlama dilini kullanmıştır. COBOL, PASCAL, ALGOL ve FORTRAN girdisi yapılan verinin makine diline çevrilmesini sağlayan programlardır. FORTRAN (*FORmula TRANslation*) dili IBM şirketi tarafından geliştirilmiş bir yazılım dilidir. 1401 cihazı FORTRAN dili ile yanlış girdisi yapılan veri ile ilgili uyarıda bulunur ve nesne kodu derleyicisinde hata ayıklama işlemlerini de gerçekleştirir (Nilges, 2007).



Görsel 12. IBM 1401, Salt Lake City'de yer alan bir banka üç saatte tamamladığı günlük hesaplama raporlarını IBM 1401'i kullanarak yarım saatte tamamlamıştır. Delaware'deki başka bir banka ise günlük birikim hesaplamalarını 3-5 saatte tamamlarken 1401 ile 10 dakika içerisinde yapabilmektedir.

(<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/mainframe/transform/>)

Bu dönem içerisindeki diğer bir gelişme ise süper bilgisayarlar olarak adlandırılan bilgisayarın ortaya çıkmasıdır. 1964 yılında “CDC 6600” isimli bilgisayar, Amerikalı elektrik-elektronik mühendisi Seymour Roger Cray (1925-1996) tarafından tasarlanmıştır (Ekiz, Vatansever, Zengin vd. 2000). Bu bilgisayar saniyede üç milyon işlemi tek başına gerçekleştirebilecek hızda olduğu için süper bilgisayar teriminin doğmasına sebep olmuştur (Britannica, 2022).

Cray-1 ve Cray-2 serisi Seymour Cray'ın kurmuş olduğu Cray Research tarafından imal edilmiş diğer süper bilgisayarlardır. Süper bilgisayarlar ile karmaşık fiziksel fenomenler simüle edip büyük ölçekli bilimsel uygulamalarda hesaplama işlemlerini yapılabildiği için üniversiteler laboratuvarlarında kullanmak için bu bilgisayarı edinmişlerdir (Britannica, 2022). Bugün dünyanın en hızlı bilgisayarları olarak anılan süper bilgisayarlar Cray firması tarafından üretilmeye devam etmektedir.



Görsel 13. Şirketinin 1976'da çıkan süper bilgisayarı Cray-1, saniyede 240 milyon hesaplama yapabiliyordu. (<https://www.britannica.com/biography/Seymour-R-Cray#/media/1/142037/19224>)

2.

Transistör ile çalışan bilgisayarlarda bulunan devreler SMS kartları üzerine baskı devre tekniğinden yararlanarak işlenmekteydi. Bilgisayarın gücünü arttırmak için de çok sayıda transistöre ve SMS'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte artan transistör sayısı hem devreler arasında problem oluşturmaya hem de bilgisayarın boyutlarının büyümesine sebep olmuştur. Bu problemin çözümü ise entegre devre teknolojisinin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır.

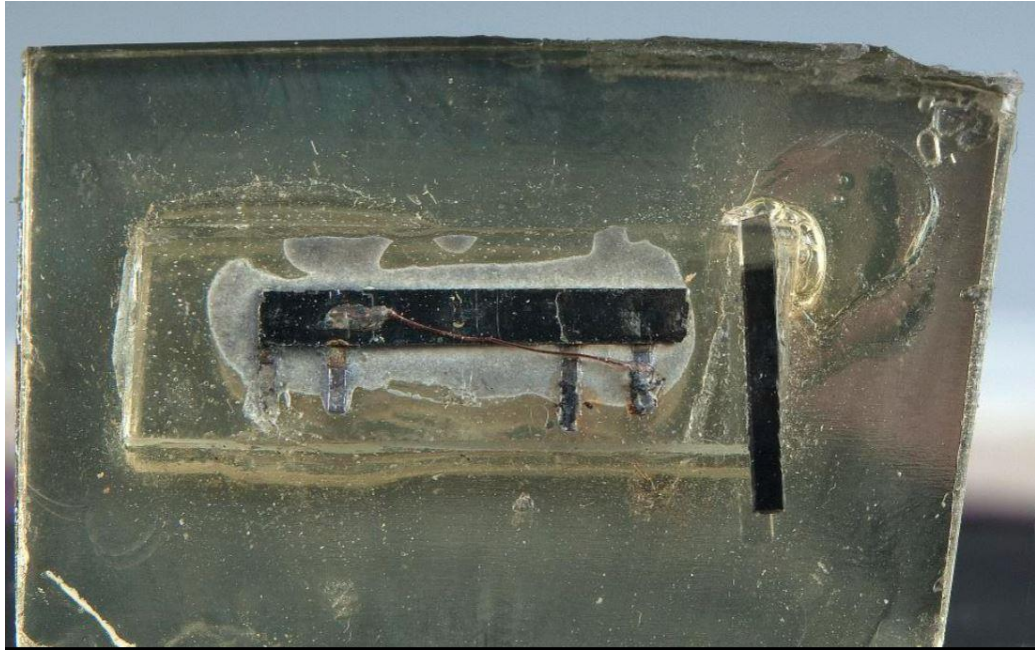
1.1.4. Entegre Devre Sistemi, Üçüncü Nesil Bilgisayarlar (1964-1970)

Entegre devre (*Integrated Circuit*), transistör, direnç, diyot gibi elemanlarını bir levha üzerinde barındıran yarı iletken yonga yapısına-paketine verilen isimdir. Sistem alt tabaka ve yonga levhaları üzerine yerleştirilen elemanlardan oluşur. Yonga yapısı üzerinde paketler halindeki parçalar iletken teller ile örümcek ağına benzeyen bir şekilde birbirine bağlanır (Serin, 1988).

İkinci nesil bilgisayar döneminin sonlarına doğru devre elemanlarını SMS kartları ile birbirine entegre etme, entegre devre teknolojisi anlamındaki bir girişimin ilk örneği

olarak ele alınabilir. Buradaki sistemde devre elemanları yine SMS kartlarında olduğu gibi el yordamı ile tel vasıtasıyla birbirine bağlanmaktaydı. Bu da bilgisayar üretiminde zaman kaybı ve hatalı bağlantıların yapılmasına sebep olmaktaydı. Birden fazla entegre elemanına sahip bu dönemin bilgisayarları aynı zamanda hacim olarak da fazla yer kaplayan makinelerdi.

1958 yılında Jack Kilby (1923-2005), devre elemanlarını tel ile tek tek bağlamak yerine tüm elemanların levhada bir bütün halde durabileceği sistemini tanıttı. Sistem, germanyum elementinin iletken özelliğinden yararlanarak oluşturulmuştur. Sıvı hale getirilen germanyum, devre elemanları üzerine dökülerek onları hem sabitleyen hem de birbiri arasında elektriksel iletkenliği sağlayan düzendir. Bu icat sistemi çalıştırdı fakat doğada az bulunan germanyum elementi düzeneğin yaygın olarak kullanılmasının önüne geçti. Fikrin uygulamadaki yaygınlığını arttıracak hamle ise doğada daha kolay bulunabilen silikon malzemesinin kullanılması ile olmuştur (Dennis, 2022).



Görsel 14. Jack Kilby'in entegre devresi
(https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_689592)

Tek bütün bir parça halinde silikondan yapılmış ilk entegre devre, Intel (*Integrated Electronics*) şirketi kurucularından biri olan fizik bilim insanı Robert Noyce (1927-1990) tarafından 1959 yılında imal edilmiştir (Dennis, 2022). Devre elemanlarını bir

araya getirmek için germanyum yerine silikonun kullanılması bu teknolojinin yaygınlık kazanarak bilgisayarlar başta olmak üzere telefon, radyo, ses kayıt cihazı gibi aletlerde de kullanılmasının önünü açmıştır.

Bu dönemde piyasaya birkaç sayılı bilgisayar çıkmıştır. Bunları herhangi bir öncelik gözetilmeksizin RCA Spectra 70, HONEYWELL 2200, IBM System/360-370 ve alt sürüm modelleri şeklinde sıralayabiliriz. Üçüncü nesil bilgisayar örneği olarak ise bilim ve teknoloji tarihi açısından önem arz eden soğuk savaş dönemi uzay yarışlarında NASA'nın ilk insanlı uzay uçuşunu gerçekleştirdiği Apollo 11 aracının kalkış hesaplamalarını yapmak için kullanılan IBM System-360 Model 75 incelenecektir.

IBM'in 1964 yılında imal ettiği System/360 bilgisayarı o döneme kadar duyurduğu tüm bilgisayarların ötesindeydi. System/360 ile uyumluluk kavramı ortaya çıkmıştır. Bu ana bilgisayarın parçalarının değiştirilebilmesindeki kolaylık ve program dili entegrasyonunun tüm System/360'ın alt modellerine de uygulanabilmesi yönündeki bir hamledir (ibm.com-System 360 From Computers to Computer Systems). System/360'a ona bağlı olan tüm parçalar (yazıcı, bellek teyp, giriş ünitesi vd.) tek bir ana bilgisayar modülünden kontrol edilmekteydi ve ayrıca her bir parçanın fiş girişi aynı şekilde imal edilmişti. Onun bu kullanım kolaylığı bankacılıktan NASA'da uzay aracı uçuş hesaplamalarının yapılmasına kadar tercih edilen bilgisayar haline getirmiştir (Boyer, 2004).

IBM System/360'ın alt modellerinden biri olan System/360 Model 75 bilgisayarının tanıtımı 1965 yılında yapılmıştır. IBM System/360 bilgisayarının her bir alt modelinde işlemci hızı ile verilerin hafızaya girişini hızlandırmıştır. Ayrıca yine her üst modelinde hafızanın hacmini de arttıracak şekilde tasarımlarını zenginleştirmiştir. Model 70'teki hafızasına oranla Model 75'in hafızası ve işlemcisi 2 kat iyileştirilerek bir işlemi 750 nanosaniyede gerçekleştirebilecek düzeye getirilmiştir.

IBM System/360 Model 75, NASA'nın Teksas Houston'daki İnsanlı Uzay Aracı Merkezinde, aydan 240.000 mil uzaktaki ilk aya iniş için verileri işlediği bilgisayardır. NASA, Apollo 11 görevi için beş adet IBM System/360 Model 75 bilgisayarını kullanmıştır. Daha sonra bu makineler Amerikalı astronotlar Neil Armstrong ve Edwin Eugene "Buzz" Aldrin'in Ay'a ayak bastıktan sonra Dünya'ya dönüş uçuşu için ihtiyaç duyduğu kalkış verilerini de hesaplamıştır (Boyer, 2004).



Görsel 15. IBM System/360 Model 75, NASA Houston Uzay Uçuş Merkezi
(<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/system360/transform/>)

Üçüncü nesil bilgisayar dönemi de dâhil olmak üzere 1970li yıllara kadar bilgisayarlarda veri girişi ve girdisi yapılan verinin saklanması farklı donanımsal ekipmanlar aracılığı ile sağlanmaktaydı. Bunun için IBM şirketi girdisi yapılan verilerin rahatlıkla tekrar silinip yazılabileceği manyetik diskleri bilgisayarlara entegre etmeye çalıştı. Ancak bu entegrasyon tam anlamı ile dördüncü nesil bilgisayar dönemindeki mikroişlemcili bilgisayarlar sayesinde gerçekleşecektir.

1.1.5. Mikroişlemcili Dördüncü Nesil Bilgisayarlar (1970-1990)

Mikroişlemci (*Central Processing Unit*), bir bilgisayara girdisi yapılan sayısal verilerin (toplama, çıkarma, sayıları karşılaştırma ya da aritmetik işlemleri yaparak) çıktı biriminde görüntülenmesini sağlayan programlanabilen mekanik bilgisayar parçasına verilen isimdir. Bu parçanın tasarım hikâyesi ise bir Japon hesap makinesi şirketi olan Busicom Corporation'ın (*Business Computer Corporation*) 1969 yılında programlanabilir elektronik bir hesap makinesi imal etme isteği üzerine Intel (*Integrated Electronics*) şirketi ile iletişime geçmesine dayanır.

Intel mühendislerinden Marcian “Tedd” Hoff, Federico Faggin ve Stan Mazor, Busicom'un hesap makinesi için öneride bulunduğu on iki ayrı yongadan oluşan

sistem yerine MCS-4 isimli, dört yongalı sistem elemanını tasarlamıştır. Daha sonra Intel-4004 olarak anılan bu çip, bir merkezi işlem birimi (CPU) yongası, uygulama programları için, kalıcı hafıza, salt okunur bellek (ROM) yongası, verileri işlemek için geçici bilgileri saklayabilen erişim belleği (RAM) yongası ve giriş/çıkış (I/O) kayıtlarının yapıldığı yogadan oluşmaktadır (Hall, 2023).

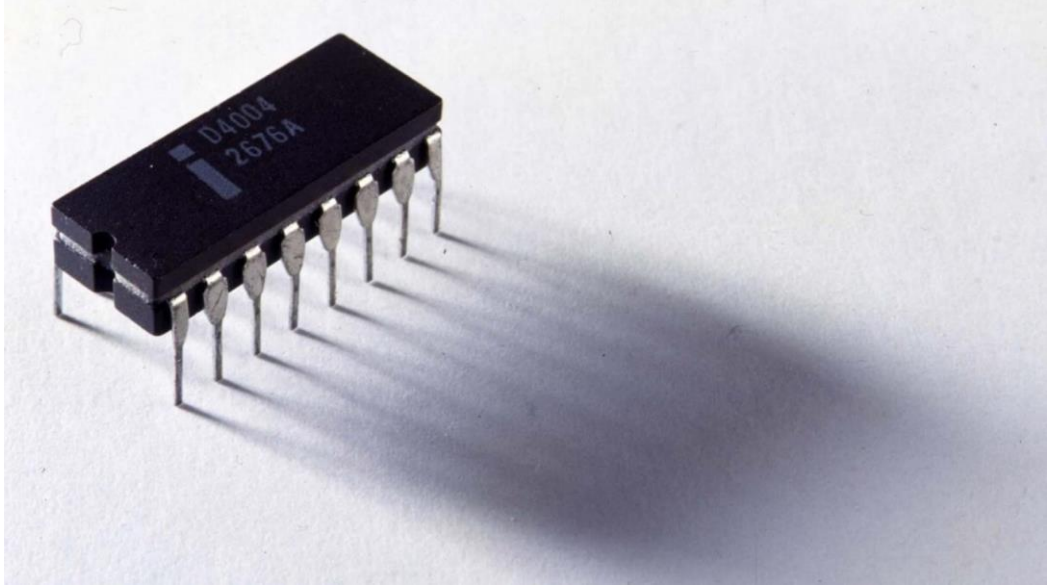
Yetişkin bir insanın tırnak boyutunda tasarlanan Intel 4004 mikroişlemci yonga seti öncesinde, benzer güçte çalışabilen bir bilgisayar için tüm odayı kaplayan ya da birden fazla modül ile çalışan pratik kullanımdan yoksun cihazlar kullanılmaktaydı. 4004, modern bilgi çağının tetikleyicisi olacak bir hamle ile bilgiyi hem depolayabilen hem de işleyebilen devre elemanlarını tek bir silikon çip üzerinde barındırır (Dennis, 2022). 2300 transistörün entegre edildiği bu yeni teknolojik çip ile çalışan Intel 4004 bilgisayarı, 1968 yılında Amerika’da kurulan Intel şirketi⁷ tarafından genel amaçlı ilk mikroişlemci 1971 yılında "Entegre Elektroniklerde Yeni Bir Dönem Duyurusu" reklamıyla tanıtılmıştır (Ekiz, Vatansever, Zengin, vd. 2000).

Burada atlanılmaması gereken diğer bir bilgi ise ilk ticari entegre devreyi, o dönemde, transistör ve entegre devre elemanı imalatçısı Fairchild Semiconductor firması mühendislerinden biri olan Federico Faggin’i geliştirmiştir. Ancak bu tek bir çip ile çalışan sistem değildir. Tek bir mikroşlemcili olarak tasarlanan ilk ticari çip tasarımı Fairchild Semiconductor’dan Intel şirketine geçen Federico Faggini, Stan Mazor ve Tedd Hoff mühendislerinin çalışmaları neticesinde Intel firmasında imal edilmiştir. (Cass, 2018). Mikroşlemci teknolojisi esasen bir entegre devre sistemidir. Entegre devrelerin çok sayıda transistör ile tek bir çip üzerine tasarımının yapılmasına mikroşlemci denilir. Bu anlamdaki ilk çalışma da Intel 4004 isimli çiptir.

Intel 4004 çipi ilgili olarak Hoff: “Bu ürünle insanların bilgisayar algısını ve bilişim sektörünün gideceği yönü değiştirdik. Bilgisayarı demokratikleştirdik.” (<https://www.intel.com/content/www/us/en/history/virtual-vault/articles/the-intel-4004.html>) ifadesi ile tasarımını yaptıkları bilgisayar devre elemanının bilişim teknolojileri tarihi açısından devrim niteliğinde olduğu çıkarılabilir. Bilgisayar

⁷ 1979’da Ulusal bilim madalyası ile ödüllendirilen Robert Noyce, daha önce Fairchild Semiconductor’da birlikte çalıştığı arkadaşı Gordon E. Moore ile 1968’de Intel şirketini kurmuştur.

boyutlarının küçülmesini sağlayan bu parça sayesinde artık sadece üniversite, araştırma laboratuvarları ya da devlet daireleri dışında da kullanılmaya başlanılmıştır.



Görsel 16. Intel'in ilk mikroişlemcisi 4004

(<https://www.intel.com/content/www/us/en/history/virtual-vault/articles/the-intel-4004.html>)

Mikroişlemciler ile imal edilen bilgisayarların herkes tarafından kullanılabilmesi fikri taşınabilir bilgisayarların üretilmesinin önünü açmıştır. IBM firması 23 kilogram ağırlığında ofisler arası taşınabileceğini iddia ettiği IBM 5100 model bilgisayarını 1974 yılında tanıtmıştır (Ekiz, Vatansever, Zengin, vd. 2000). Dokuz bin dolar fiyatı ile satışa sunulan bu bilgisayar fiyatından dolayı istenilen satış miktarına ulaşamamıştır. Bir yıl sonrasında daha hesaplı olan bir bilgisayarın duyurusu farklı bir firma tarafından yapılmıştır ve bu bilgisayar o dönemde pek çok kullanıcı tarafından tercih edilmiştir.

Hesap makinesi ve kişisel bilgisayar üreten MITS (*Micro Instrumentation and Telemetry Systems*) (Mikro Enstrümantasyon ve Telemetri Sistemleri) isimli Amerikan şirketi 1974 yılında Intel'in 8080 mikroişlemcili çipini (4004 mikroişlemcisinin daha fazla transistör eklenerek geliştirilmiş versiyonu) kullanarak Altair 8800 bilgisayar donanım parçasını tasarlamıştır. Ancak lansmanının yapılarak satışa çıkması Ocak 1975'te olmuştur. IBM karşısında pazarı elinde tutmak isteyen

MIT, Altair 8800 bilgisayar kasası için program yazılımları geliştirmeye başladı. Bunun için kurduğu ekipte Microsoft'un kurucuları olacak William Henry "Bill" Gates ve Paul Gardner Allen gibi yazılımcılar da vardır (Gates, 1993).

Bill Gates ve Paul Allen, Altair 8800 bilgisayar kasası için BASIC isimli bir yazılım geliştirmiştir (Gates, 1993). Bu yazılım yani kodlama dili delikli teyp ya da delikli şeritlere (*punched tape*) işlenir ve teyp okuyucular ile bilgisayara komut verilir.

Delikli şeritler 19. Yüz yıl döneminde kullanılan delikli kartlara benzemektedir. Yirminci yüzyılın yarısından itibaren delikli kartların yerine delikli şeritlerin kullanılmasındaki sebep ise her komut için kartların değiştirilmek zorunda olmadan, sürekliliği sağlayan komutların depolanabilmesindeki kolaylıktır (Günel, 2015).

CCITT Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Buchstabenreihe	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	Λ		A...	1...	Zwr		
Zeichenreihe	-	?	:	+	3			8	5	(	)	.	,	9	0	1	4	'	5	7	=	2	/	6	+								
Anlaufschritt																																	
Schrittgruppe	1	●	●		●	●				●	●						●	●			●		●	●	●	●				●	●		
	2	●		●				●			●	●	●				●	●	●			●	●	●	●			●		●	●	●	
	3		●				●		●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●		●	●		●	●	●	●	
	4		●	●	●		●	●			●	●		●	●	●	●		●				●	●	●	●		●		●	●	●	
	5		●					●	●				●	●	●	●	●	●		●		●	●	●	●	●	●		●		●	●	●
Sperrschr. 1½fach	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

SIEMENS

Görsel 17. Simens delikli bant kodlama profili (Günel, 2015)



Görsel 18. Popular Electronics dergisinin kapağında Altair 8800 isimli bilgisayar donanım parçası, Ocak 1975 (<https://worldradiohistory.com/Archive-Poptronics/70s/1975/Poptronics-1975-01.pdf>)

1974 yılında Amerika Kaliforniya’da kurulan *Tandem Computer*, 1975 yılında Tandem 16 isimli ilk hata toleranslı bilgisayarı tasarlamıştır. Tandem 16 (T/16) bilgisayarının ismi daha sonra *NonStop I* olarak değiştirilmiştir. 16 mikroişlemci (CPU) barındıran bu bilgisayarın her bir CPU’sunun kendine özel paylaşımsız bir belleği vardır. Böylece güç akışında yaşanabilecek herhangi bir problemde sistem çalışmaya devam edebilecek ve öncesinde sisteme girişi yapılan verileri saklayabilecektir. İşletim sistemi olarak da Unix’i kullanmaktadır (Katzman, 1997). Bugün evlerde ya da ofislerde kullanılan bilgisayarların çoğunluğunda da NonStop I bilgisayarında olduğu gibi veri akışı esnasında güç kaybı yaşanması ihtimaline karşı CPU’ların her biri kendine özel paylaşımsız belleklere sahip olduğu gibi bilgi akışının sağlanabilmesi için de ayrıca birbirine entegre halde tasarımları yapılmaktadır.

Altair bilgisayar kasasının pek çok kişi tarafından satın alınması onu gençler arasında da popüler hale getirmiştir. Gençlerin bilgisayarlar üzerine sohbet ettiği ortamlarda beraberinde oluşmaya başlamıştır. Bu anlamda 1975 yılında kurulan *Homebrew*

Computer Club'a (Ev Yapımı Bilgisayar Kulübü) üye olan gençler düzenli olarak Stanford Üniversitesi'nin konferans salonunda gayri resmi toplanarak Altair başta olmak üzere mikroişlemciler ile yaptıkları ya da tasarladıkları projelerinden bahsettikleri toplantılar yapmaktadırlar (Wozniak, 1984). *Apple Computer*'ın kurucuları Stephen Gary Wozniak ve Steve Jobs, mikro bilgisayar üretici şirketi *Cromemco*'nun kurucusu Harry Garland ve Roger Melen, Kaliforniya'da kurulan bir başka mikro bilgisayar şirketi olan *IMS Associates*'in kurucusu Thomas "Todd" Fischer, Adam Osborne gibi pek çok bilgisayar şirket sahibi bu kulübün üyesi olmuştur (Lash, 2016).

Steve Jobs'un aile evinin garajında tamamen hobi amaçlı imal edilen Apple I ve II bilgisayarı her iki haftada bir Homebrew kulüp toplantılarında Wozniak ve Jobs tarafından katılımcılara gösterilmiş ve onların fikir ve desteğinden yararlanılmıştır. Wozniak: "Bugün, eğer milyar dolarlık bir ürün yapacaksanız, geliştirme aşamasındayken bunu gizli tutmanız gerekmektedir çünkü bir milyon insan onu çalmaya çalışacaktır. Bir şirket kurup ürünümüzü satma niyetinde olmadık. Tüm hikâye elektrik ve makinelerle ilgi duyan iki lise arkadaşının hobisi olarak başladı" (Wozniak, 1984) ifadeleriyle bugün dünyada satışı milyonlara ulaşan apple bilgisayarlarının temelde sadece eğlence için tasarlandığı çıkarımını yapabiliriz.

Amerikalı bilgisayar uzmanı, elektronik bilgisayar oyun tasarımcısı Nolan Bushnell'i idol edinen Jobs, tasarımını yaptıkları bilgisayardan kazanç elde etmek istedi. (Wozniak, 1984) Bunu gerçekleştirebilmelerindeki ilk sermayeleri, Jobs'un volkswagen minibüsü ve Wozniak'ın programlanabilir hesap makinesinin satışından elde ettikleri paraydı. Mantık panosu olarak kurguladıkları Apple I, 1976 yılında tamamlandı. (Levy, 2023). Wozniak'ın bilgi işlem ve yazılım becerisi ve Jobs'un pazarlama yeteneği ile imal ettikleri ilk elli makineyi California, Mountain View'deki Byte Shop adlı bir mağazaya sattılar. "*Apple Is*" lakaplı bilgisayarların her biri 666 dolardan satılmıştır. Video ara yüze sahip bu bilgisayar yerleşik salt okunur bellekli ilk cihazdır.

Wozniak'ın Apple I bilgisayarı yeni özellikler ekleme çalışmaları neticesinde Apple II bilgisayarı 1977 yılında piyasaya sürülmüştür. Apple I bilgisayarındaki bulunan devre sistemini farklı bir tasarım ile optimize ederek daha az çip ile çalışır hale getirdiği

Apple II'nin elektronik aksamını bir plastik kasa içerisinde konumlandırmıştır. Ayrıca renkli grafik özellikleri de bu bilgisayda mevcuttur. (Wozniak, 1984)



Görsel 19. İlk Apple bilgisayarı

(<https://www.britannica.com/topic/Apple-Inc#/media/1/30632/94239>)



Görsel 20. Apple II bilgisayarı

<https://www.britannica.com/topic/Apple-Inc#/media/1/30632/19611>

Apple Şirketi 1979 yılında Lisa bilgisayarını tasarladı. Ancak piyasaya çıkması 1983 yılında olmuştur. Lisa, grafik kullanıcı ara yüzü ile yapılmak istenen işlemler bir bilgisayar donanım ekipmanı olan fare (mouse) aracılığıyla yerine getirmektedirler (Levy, 2023). Şirket, 1984 yılında *Macintosh Computer* (MAC) ile MAC bilgisayar dönemini başlatmıştır. MAC bilgisayarının kullanım kolaylığı onun IBM bilgisayarları ile arasında bir yarışın tetikleyicisi olmuştur (Ekiz, Vatansever, Zengin, vd. 2000).

Ticari olarak başarı elde eden ilk taşınabilir bilgisayar 1981 yılında Adam Osborne tarafından tasarlanmıştır. Günümüz diz üstü bilgisayarının atası olarak kabul edilen Osborne I bilgisayar yaklaşık on kilo ağırlığındadır. Makinede 5 inçlik bir ekran, 64 kilobaytlık bir bellek, iki adet 5.25 inçlik disket sürücü bulunuyordu. Başarılı ve satış oranları iyi olmasına rağmen Osborne şirketi 1983 yılında iflas etmiştir (<https://www.computerhistory.org/brochures/m-p/osborne-computer-corporation/>).



Görsel 21. Osborne I taşınabilir bilgisayar

(<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co8094436/osborne-1-portable-computer-personal-computer>)

1985 yılında Steve Jobs ve Wozniak Apple şirketinden ayrılmıştır. Wozniak geçirdiği uçak kazası sonrasında belirli bir süre Apple şirketinde çalışmaz. Geri döndüğünde ise beyin takımında değil teknik ekipte yer alan bir mühendis olarak beş yıl kadar şirket bünyesinde çalıştıktan sonra tekrar işten ayrılır ve küçük bir bölgede öğretmenlik

yaparak hayatına devam eder. Steve Jobs ise gerekli satış miktarını sağlayamadığı gerekçesi ile Apple şirketi CEO'su John Sculley tarafından işten çıkartılır. Bunun üzerine Jobs kendine NeXT isimli teknoloji şirketini, 1985 yılında Kaliforniya'da kurdu.

NeXT bilgisayar Ekim 1988 yılında şirketin amiral gemisi hükmündeki cihazını 6.500 Amerikan doları fiyatı ile tanıtımını yaptı. Bu cihaz, Amerika'nın Şikago şehrinde kurulan Motorola şirketinin 25 MHz 68030 CPU'suna ve performansını düşürmeden sistem genelinde verileri taşıyabilen 12 özel doğrudan bellek erişim kanalına sahiptir. NeXT bilgisayar üç farklı alanda yenilik yapmıştır. İlk olarak, standart 256 megabaytlık optik sürücü ile optik depolamaya sahip ilk kişisel bilgisayar unvanına sahiptir. 1990'lar itibari ile devasa veri tabanlarının getireceği depolama alan ihtiyacını da ortadan kaldıracak bir girişimdir. İkinci olarak, ses tanıma ve sentezleme, üç boyutlu grafikler, gerçek zamanlı veri toplama ve sinyal işleme gibi görevleri yerine getirebilme kabiliyetine sahiptir. Bu girişim ise yapay zekânın ihtiyaç duyduğu veriyi elde etmede işe yarayacak bir hamledir. Son olarak, ihtiyaç doğrultusunda program dili ya da uygulama geliştirme olanaklarına sahip olarak tasarlanmıştır (Tittel, 1989).

Bu dönemde yer alan bilgisayarlar ilk taşınabilir bilgisayar haricinde 20 kilonun altına düşürülemedi ve RAM (*Random Access Memory* - Rastgele Erişimli Bellek) olarak 64 KB'ın üzerine çıkarılamamıştır. RAM, yalnızca mikroişlemciler ile çalışan bilgisayarda yer alır. Önceki dönemlerde kullanılan bilgisayarlar geçici belleğe sahip değildir. Bellekleri tek tip o da kalıcı hafızadır. Bir bilgisayardaki RAM'in büyüklüğü o bilgisayarın hızını bizlere gösterir. Geçici bellek ne kadar geniş bir hafızaya sahip ise bilgisayar da o kadar hızlı işlem yapabilir. Geniş hacimli RAM ile çalışan evlerde ya da ofislerde kullanılan bugünkü anlamda taşınabilir bilgisayarlara sahip olabilmek ancak beşinci nesil bilgisayarları ile olacaktır.

1.1.6. Bireysel Kullanıcıya Hitap Eden, Akıllı Beşinci Nesil Bilgisayarlar (1990- ?)

Tarihteki ilk akıllı bilgisayar, kısmi anlamda programlanabilen Colossus bilgisayarı, matematikçi Max Newman'ın çalışmalarına dayanarak mühendis Tommy Flowers

tarafından 1943 yılında geliştirilmiştir. Makine İngiltere tarafından ikinci dünya savaşında Alman yazışmalarındaki şifreleri çözebilmek amacı ile tasarlanmıştır. Makineye mesaj modern bilgisayarların sahip olduğu klavye ile yazılmakta ve bilgisayar bu metni ikili koda çevirerek (0 ve 1) yazışmadaki şifreyi kullanıcısına vermekteydi (Copeland, 2017). Bu bildiğimiz ilk programlanabilen yani akıllı olarak kabul edebileceğimiz bilgisayardır. Ancak bir hafızaya ya da çıkarım yapabilecek yeteneklere sahip değildir.

Çıkarım yapabilen, birbirine entegre halde veri akışı ile işlem yapabilen bilgisayarlar, internetin kullanılmaya başlanması sonucunda akıllı bilgisayarlar kavramı oluşmaya başlamıştır. Bir cihaza akıllı diyebilmemiz için onun sürekli olarak yeni veriler elde edebilmesi gerekiyor. Bunun için de ya kullanıcı tarafından düzenli veri akışı sağlanacak ya da internet aracılığı ile bilgisayar bu işlemi kendi kendine yapacaktır. Bu sebeple bugünkü anlamda, bir bilgisayarı akıllı olarak kabul edebilmemiz için onun veri akışını kendisinin sağlaması ve bu verilere istinaden çıkarım yapabilmesi gerekmektedir.

İnternet, 1969 yılında Ameri Savuna Bakanlığına bağlı Amerikan ordusu tarafından kullanılmak üzere teknolojik yenilikler geliştiren DARPA (*The Defense Advanced Research Projects Agency*) bünyesi altında kurulan ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*) tarafından, soğuk savaş döneminde, savaş ve nükleer saldırıların yaşanabilme ihtimaline karşı askeri bilgisayarlar arasında kesilemeyecek bir iletişim sistemini kurma girişiminin bir sonucu olarak doğmuştur. Bu girişim iletişim tarihinin miladı olarak kabul edildiği (Işık, 2012) gibi bilgisayar tarihi açısından da bir dönüm noktasıdır.

Bilgi akışının internet aracılığı ile sağlanması 1990'larda Tim Berners'in (1955- ...) CERN (*Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*) (Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi) laboratuvarlarında çalışırken bugün bildiğimiz adıyla *World Wide Web* (WWW) sistemini geliştirmesi ile olmuştur. Sistem içerisinde toplanan tüm bilgilere erişim sağlanabiliyorken ekleme – çıkarmaya olanak sağlamayan Web 0.1 geliştirilmiş ve Web 0.2 ile milyarlarca internet kullanıcısı içeriklere anlık olarak dönütte bulunabildiği açık erişimli sistemini de geliştirmiştir.

World Wide Web ile birlikte yeni bir toplumsal düzen olan dijital çağ dönemi başlamıştır. Dijital çağ, bilgisayar tabanlı geliştirilen teknolojik yeniliklerin yeni iletişim araçları vasıtasıyla hızlı bir biçimde bilgilerin aktarılması, dönüştürülmesi, işlenmesi ve dağıtılmasına verilen isimdir. Bu yeni çağ ile birlikte geleneksel bilgi akışı topyekûn değişmiş ve büyük miktarlardaki verilerin oluşturularak depolanması mümkün hale gelmiştir. Mikro çipler ile küçülen bilgisayarlara eklenen RAM ve ROM'un yetersiz kaldığı durumlarda depolama aracı olarak internet sağlayıcılarından yararlanılabilmektedir.

Intel şirketi, beşinci nesil mikroişlemcisi olan Pentium'u 1993 yılında tanıtmıştır. Pentium I işlemcisi, 3.100.000 transistör ile maksimum saatte 60 MHz ile 300 MHz değerleri arasında işlemleri gerçekleştirmektedir. MHz (*megahertz*), RAM'in çalışma hızını vermektedir. Yani RAM'in MHz değeri ne kadar yüksek ise veri o kadar hızlı işleme girer. Intel Pentium I mikroişlemcisi ile görsel, grafik verilerine ulaşabilmede kolaylık sağladığı gibi bu döneme kadar yapılmış en hızlı çipi de tasarlamıştır. Intel ilerleyen yıllarda 7.500.000 transistör sayısı ile Pentium II'yi 1997 yılında, 9.500.000 transistör ile Pentium III'ü 1999 yılında ve serinin son çipi Pentium IV'ü 42.000.000 transistör ile 2000 yılında piyasaya sürmüştür. Hız açısından dönemin en güçlü çipleridir (Hinton, 2001). Yüksek hızda çalıştığı için popüler hale gelen bu çiplerin handikabı ise bilgisayarlarda ısınma problemine sebep olmasıdır. Bu gün hala satışta ve üretimde olsa bile Intel yeni çip tasarımlarına başlamış ve 2009 yılında bu serinin ürünlerini tek bir Pentium olarak kısıtlamış ve diğer ürünlerin satışını durdurmuştur.

Intel şirketi Pentium IV'ten sonra bu serinin yerini alacak "Core" işlemcilerini 2006 yılında üretmeye başlamıştır. Intel Core, Intel Core Duo, Intel Core 2, Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad, Intel Core i3, Intel Core i5 ve Intel Core i7 isimli 8 adet Core serisi çip tasarımı yapmıştır. Bugün diz üstü bilgisayarlarda yaygın olarak Intel Core i3 ya da i7 serili işlemciler kullanılmaktadır. Düşük güç tüketimi sebebi ile bireysel kullanıcılara hitap eden Intel Core i3 işlemcisi 2.4 GHz ile 3.7 GHz (*gigahertz*) değerleri arasında işlemleri gerçekleştirmektedir. Intel Core i3'e göre daha hızlı işlem yapabilen Intel Core i7 mikroişlemcisi ise 3.6-4.2 GHz değerleri arasında işlem hızına sahiptir.

Bilgisayar mimarisi ilk örneklerinden itibaren Neuman mimarisini kullanmaktadır. Ancak son yıllarda yapay zekâ (*artificial intelligence*) ve bulanık mantık (*fuzzy logic*) ile oluşturulan bilgisayarlar yalnızca Neuman mimarisinden yararlanmamaktadır. İnsan gibi düşünüp karar verebilen cihazların hayatımıza girmesi ile birlikte onları yönlendirecek bilgisayarların da yapay zekâ dilini bilmesi gerekmektedir. Bu teknolojileri çip üzerine yazılımla entegre eden Intel şirketi, Intel Core H serisi ve Intel Core vPro işlemcilerini geliştirmiştir. Maksimum 5.3 GHz işlem hızı ile ayrıca depolama alanına sahip olarak tasarlanmıştır. Yalnızca çip üzerine entegre edilerek değil ayrıca program dili de yine bilgisayar üzerine kodla yazılarak ona öğrenebilme yeteneği kazandırılabilir.

Beşinci nesil bilgisayar döneminde bilgisayarlar artık toplumsal bir araç olmuştur. Bireysel kullanıcılara hitap eden bu cihazlar kişilerin tercihleri doğrultusunda hızlı ya da yavaş olabilecek seçeneklerin yer aldığı bir pazar haline gelmiştir. Bilgisayar işlemci çiplerinin küçülmesi ile hafifleyen bilgisayarlar ya da onlara alternatif üretilen tablet bilgisayarlar dijital çağın bir nesnesi haline dönüşmüştür.

1.2.Yapay Sinir Ağları Tarihi

İnsan beyninin çalışma prensibinden hareketle öğrenme faaliyetinin matematiksel olarak modellenmesine yapay sinir ağları denilmektedir. Bu disiplinin ortaya çıkışı bilim insanlarının nörobiyoloji sahasına ilgi duyması ile başlamış ve dönemin ilgi gören araştırma sahası bilgisayarlar sistemlerine entegrasyonu ile sonuçlanmıştır. Yapay sinir ağları ile çalışan bilgisayarlar aritmetik işlemleri birinci ya da ikinci nesil bilgisayarlarda olduğu gibi yavaş ya da sıralı bir şekilde çalışan sistem yerine, öğrenebilen çıkarım yapabilen hatta karar verip uygulayan hızlı işlemcilere sahip beşinci nesil bilgisayarlarda kullanılabilir.

Yapay sinir ağları üzerine başlatılan çalışmalar insan zihni öğrenme biçiminin bir taklididir ve bu sebeple insan zekâsına dair yapılan araştırmalar önem arz etmektedir. Bu anlamdaki ilk çalışma 1905 yılındaki Binet ve Simon' ın ilk zekâ testini geliştirmesidir. Fransa Eğitim Bakanlığı tarafından başlatılan bir proje kapsamında

oluşturulan bu test, Paris’te okula başlayacak çocukların kendi zekâlarına uygun sınıflara yerleştirilmesi amacı ile yapılmıştır. Kısa süre içerisinde yaygınlık kazanan bu test Amerika’da da kullanılmaya başlanmıştır. Amerika birinci dünya savaşı döneminde orduya asker seçmek için bu zekâ testinden yararlanmıştır (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021). Savaşta zekânın belirleyici etmen oluşu matematiksel hesaplama yapabilen makinelerle olduğu gibi nörobiyolojiye de ilgi ve teşviki beraberinde getirmiştir.

Nörobiyoloji yani sinir bilimi insan zihni sinir sistemini inceleyen bilim dalıdır. Sinir sisteminde yer alan nöronların özelliklerini anlayarak onların nasıl birbiri ile etkileşim kurduğunu yorumlayan bu disiplin, zihnin bilgiyi nasıl işlediğini ve yorumlayıp anlam çıkardığını kavramsallaştırır. Disiplinler arası bir bilim olarak ele alabileceğimiz sinir bilimi, biyoloji, fizyoloji, psikoloji ve matematiksel modellemeler ile bilgisayar sistemlerinde kullanılmaktadır. Bilgisayar sistemlerinde kullanılması ise yapay sinir ağ sistemlerinin geliştirilmesi ile olmuştur. Bilgisayarlarda ve daha sonra yapay zekâda, yapay sinir ağlarının nasıl kullanıldığını anlamak için yapay sinir ağ tarihini bilmenin gerekli olacağı düşünülmüştür.

Yapay sinir ağlarının tarihini ele alınırken 1980 öncesi ve sonrası olarak iki dönemden bahsetmek gerekmektedir. İlk dönem, yapay sinir ağlarının ortaya çıkışı, geliştirilen ağ modelleri ve duraklama dönemini yaşadığı problem ekseninde değerlendirilebilir. İkinci dönem ise mevcut problemin çözüme ulaştığı ve yapay zekâ ile bütünleşik bir hale geldiği süreç olarak ele alabiliriz.

1.2.1. Yapay Sinir Ağ Tarihi-Birinci Dönem 1980 Öncesi

Dijital bilgisayarın kavramsallaşmaya başladığı 1940-1950’li büyük ölçekli işlemciler ile yapay sinir ağlarını oluşturabilme olanaklı hale gelmiştir. Yapay sinir ağları ile bilgisayarlarda yeni bir işlem yapabilme türü doğmuştur.

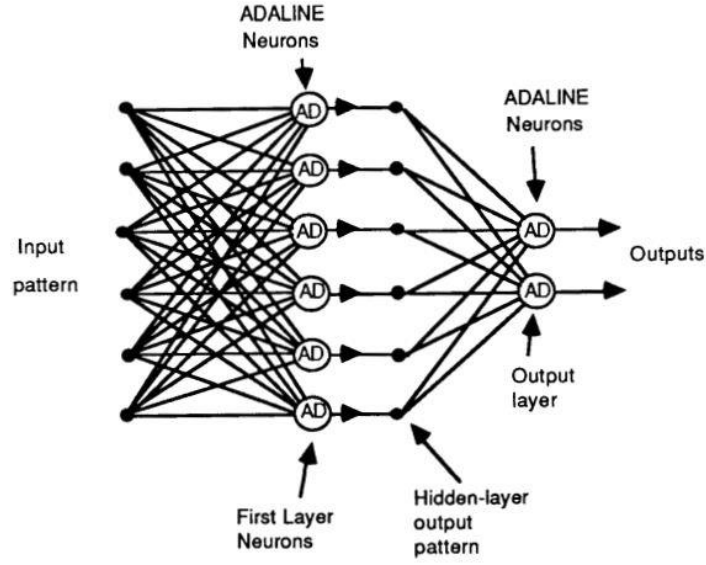
1943 yılında sinir fizyolojisi üzerine çalışan Warren McCulloch ve matematikçi Water Pitts’in yapay zekâ sinir sisteminde yer alan her bir nöronun “girdi” veya “çıktı” olarak ifade ettikleri yapay nöron ağ modelini (Bayru, 2007) “*Sinir Aktivitesinde*

Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap” (A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity) başlıklı makalesinde tanıtımları (Öztürk ve Şahin, 2018) ile birlikte YSA’larının bilgisayar sistemlerinde kullanılabilmesi yönünde ilk somut adım atılmıştır (Bayramoğlu, 2007). Bu makalede insan beyninin çalışma prensibinden hareketle elektrik devrelerinden yararlanarak yapay sinir hücre tasarımı ile kavramsallaştırılmak istenen her türlü ifade matematiksel olarak formüle edilebilecektir. Birbirine bağlı birden fazla hücrenin birbirine bütünleşmiş paralel şekilde çalışması ile de öğrenme kurallarını belirlemeye çalışmışlardır (Keskenler ve Keskenler, 2017).

McGill Üniversitesi⁸’nde nöral alanda çalışan psikolog Donald Olding Hebb, 1949 yılında yayınladığı *“The Organization of Behavior”* adlı eserinde bugünün öğrenme kurallarının temeli olan “Hebbian Öğrenme Kuralı” teorisini ele almıştır (Bayramoğlu, 2007). Bu kural, beyinde yer alan sinaps sayısının öğrenebilme yeteneği ile doğrudan ilişkili olduğunu açıklar (Keskenler ve Keskenler, 2017).

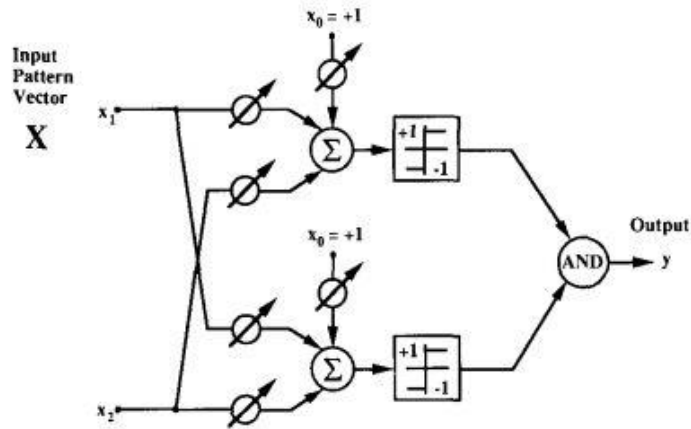
1959 yılında Stanford Üniversitesi’nde elektrik mühendisi Marcian Hoff ve akademik danışmanı Bernard Widrow tarafından ADALINE (Adaptive Linear Neuron) ve MADALINE isimli iki yapay sinir ağ modeli geliştirmişlerdir (Keskenler ve Keskenler, 2017). Yapay sinir ağ çalışmaları yönündeki temeli teşkil eden ADALINE, ileri beslemeli ağları eğitmek için geliştirilmiş bir algoritmadır (Winter ve Widrow, 1988). İleri beslemeli ağ modelleri doğrusal olarak çalışır ve kümeleme yöntemi ile benzer olan öğeleri kategorize eder.

⁸ Kanada'nın Montreal şehrinde bulunan bir devlet üniversitesi, <https://www.mcgill.ca/admissions/>



Şekil 2. Katmanlı ileri beslemeli ağ modeli Adaline modeli (Winter ve Widrow, 1988)

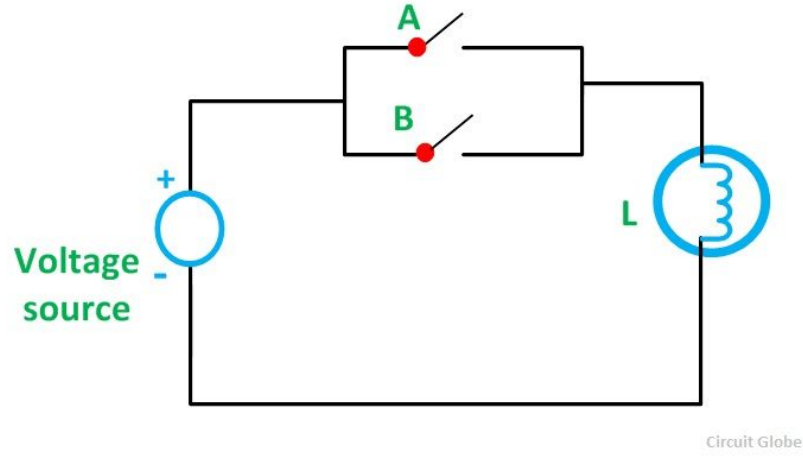
MADALINE ise birden çok ADALINE modelinin katmanlı şekilde uyarlanması esasına dayanır (Widrow ve Lehr, 1990). Modelde çıktı katmanı, istendiği kadar çok uyarlanabilir birime sahip olarak tasarlanmıştır. Bu, ağın kendisine sunulan keyfi girdi-çıkı ilişkilerini gerçekleştirme yeteneğine sahip olduğunu gösterir (Winter ve Widrow, 1988). MADALINE mühendislik sahasında problem çözme üzerine uygulanmış ilk sinir ağı modelidir. Uygulamadaki en başarılı örneği, halen geçerliliğini koruyan ve telefon konuşmalarında yaşanan yankı sorununu ortadan kaldıran modeldir (Keskenler ve Keskenler, 2017).



Şekil 3. İki ADALINE'lı MADALINE formu ((Widrow ve Lehr, 1990).

Marvin Minsky ve Seymour Papert'ın 1969 yılında kaleme aldıkları “*Perceptron*” (Algılayıcı) adlı eserde yapay sinir ağ çalışmalarının bilimsel değerdan yoksun olduğunu ispatlamaya çalışmıştır. Bu varsayımlarını kanıtlayabilmek için bilgisayar biliminde yer alan XOR (*eXclusive OR*) mantık problemini (Keskinler ve Keskinler, 2017) tek katmanlı ağ yerine çok katmanlı ileri beslemeli ağlar (Bayramoğlu, 2007) ile çözülebildiğini ileri sürerek yapay sinir ağlarının bilimsel değerdan yoksun olduğunu ifade etmişlerdir.

XOR problemi, doğrusal bir şekilde kurgulanamayan durumu bizlere gösterir. Bu da doğrusal ağda iki girdi ile işleme giren problemin çıktı elemanının mantık probleminde verdiği sonucu verememesinden kaynaklanır. Yani OR (veya) mantıksal işleminde giriş elemanlarından herhangi birinin “1” olması durumunda çıktı da 1 olacaktır. Doğrusal olarak işlem yapan bu sistemdeki girdiler, benzerlerini kategorize ettiği için “1” girdisi karşısına “0” girdisini alsa bile gruplama fonksiyon işlemi sebebi ile sonuç hep “1” çıkacaktır (Öğücü, 2007). Şekil 4 teki örnekte bilgisayar sistemine aktarılan devre sisteminin çalışma mekanizması gösterilmektedir. Burada elektrik verildiğinde A ve B’den herhangi biri ya da her ikisi birden kapalı olsa bile ampul yanacak ve 1 çıktısı elde edilecektir (Dökmetaş, 2021). Bu da bize gizli katman içermeyen tek katmanlı ileri beslemeli ağda sonucu hatasız olarak vereceğini gösterir. Ancak XOR mantıksal işlemine giren “1 XOR 1” bize 0 sonucunu verecektir. Bu da ileri beslemeli ağ sisteminde işleme giren XOR’un lineer olarak doğru sonuca ulaşamayacağını bize gösterir. (Alışkan, 2006). XOR problemine kadar doğrusal ileri beslemeli ağ modeli, problemleri OR mantıksal fonksiyonuna göre çözümleyebilmektedir. Fakat XOR fonksiyonu ile işleme giren problem *nonlinear* (doğrusal olmayan) olarak sonuçlandırılmalıdır. XOR probleminin çözümlenememesi 1970’li yılların sonuna kadar devam etmiştir.

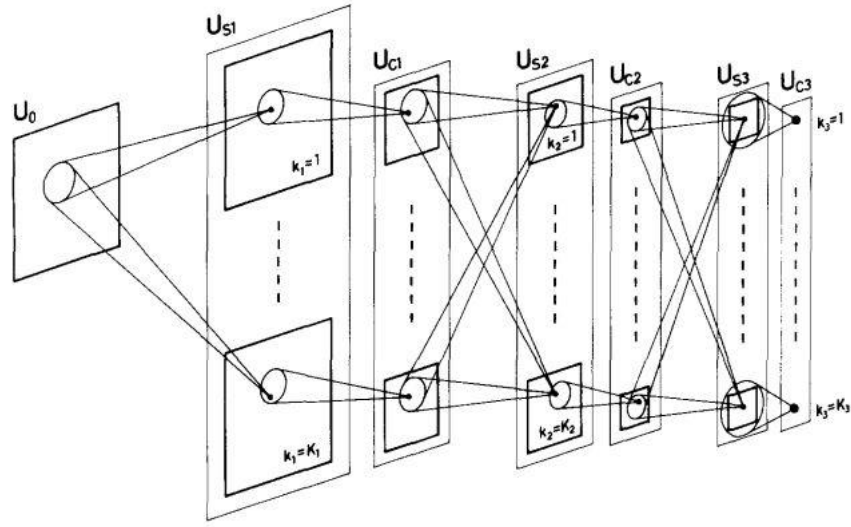


Şekil 4. OR mantıksal işleminin bilgisayar devre sistemindeki gösterimi (Dökmetaş, 2021 <https://www.lojikprob.com/elektronik/dijital-elektronik-8-mantik-kapilari/>)

x_1	x_2	y
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1

Şekil 5. XOR problemi girdi ve çıktı elemanları şematik gösterimi (Alışkan, 2006).

Kunihiko Fukushima'nın kendi kendini organize eden yapay sinir ağ modeline kadar yapay sinir ağ çalışmaları XOR mantık probleminin çözilememesinden dolayı durma noktasına gelmiştir. Dijital bir bilgisayarda simüle edilen Fukushima'nın "Neocognitron" isimli ağ modeli görsel örüntü tanıma mekanizması ile geometrik benzerliklere dayalı olarak, önceden öğrenme olmaksızın kendi kendini organize ederek çalışır. Neocognitron, S ve C hücreleri olarak adlandırılan birçok hücre tipinden oluşur. Girdisi yapılan veri özellikleri S-hücreleri tarafından işleme alınır ve bu özelliklerde herhangi bir hata ya da deformasyon var ise C-hücreleri tarafından tolere edilir. Tolere edilemeyecek haldeki durumlarda ise giriş katmanına uyarı gönderilir ancak sistem bununla ilgili herhangi bir iyileştirme çözümüne sahip değildir (Fukushima, 1980).

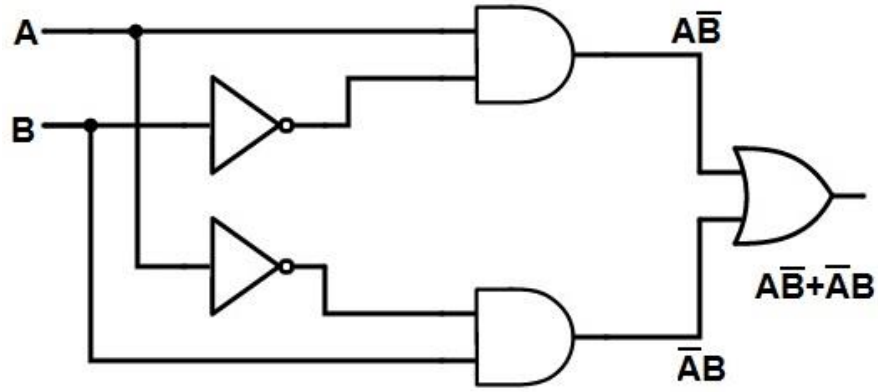


Şekil 6. Neocognitron'daki katmanlar arasındaki ara bağlantıları gösteren şematik diyagram (Fukushima, 1980).

1.2.1. Yapay Sinir Ağ Tarihi-İkinci Dönem 1980 sonrası

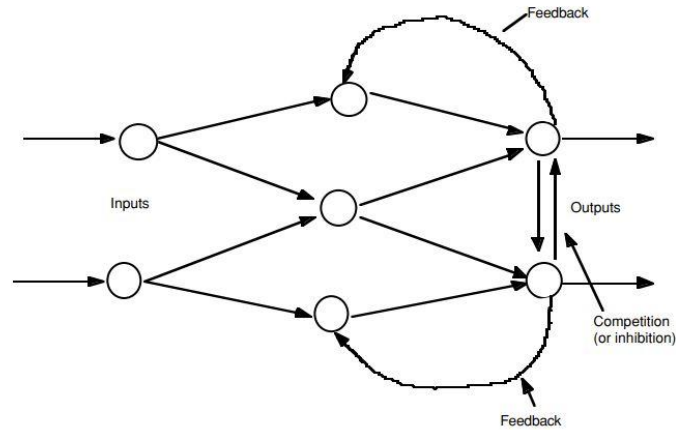
1986 yılında David Rumelhart ve James McClelland' ın geliştirmiş oldukları *geri yayımlı öğrenme algoritması* ile *çok katmanlı yapay sinir ağlarının* eğitilebileceğini gösteren sistemi “*Parallel Distributed Processing*” adlı eserdeki açıklamalarıyla XOR (*eXclusive OR*) probleminin nasıl çözümlenebileceğini ele almışlardır. (Bayramoğlu, 2007).

Problemin çözülmesi çok katmanlı ağ yapısı ile olmuştur. Burada tek katmanlı ağ yapısında olduğu gibi giriş elemanları tek bir yerden değil iki farklı girişten yapılmaktadır. İki girişli kapıdan verilen elektrik sinyalleri aynı ise çıktı “0” farklı ise çıktı “1” olarak alınır (Dökmetaş, 2021)



Şekil 7. XOR yapay sinir ağ uygulamasındaki elektrik devre sistemi gösterimi (Dökmetaş, 2021)

XOR problemin çözümü ile duraklama noktasına gelen yapay sinir ağ çalışmaları tekrar ilgi görmeye başlamıştır. Mantık problemlerinin dijital sistemlerde karşılık bulması yeni programlama dillerinin oluşmasını da sağlamıştır. Bu programlama dilleri her dönemin ihtiyacına göre çeşitlilik arz etse de temel girdi elemanları “1” “0” değişmeden bugün de kullanılmaya devam etmektedir.



Şekil 8. Geri Yayımlı Öğrenme Algoritması Modeli (Anderson ve McNeill, 1992)

Yapay sinir ağlarına olan ilgi 1980’li yıllarda artış göstermiştir. Bu bağlamda Japonya’nın Kyoto şehrinde Japon ve Amerikalı katılımcıların yer aldığı “*US-Japan Joint Conference on Cooperative/ Competitive Neural Networks*” isimli ortak iş birliğine dayanan ve yapay zekâ araştırmalarında dönüm noktası sayılabilecek bir konferans düzenlenmiştir. Bu konferansta Japon araştırmacılar beşinci nesil bilgisayar

sistemlerini hayata geçirecek projelerini tanıtmıştır (Anderson ve McNeill, 1992). Beşinci nesil bilgisayarlar, yapay zekâ ile eş zamanlı çalışan paralel hesaplama yöntemine dayanır. Yeni nesil bilgisayar endüstrisinin yönlendirici ülkesi olma yolunda atılmış bu adım Amerikalı araştırmacıların yüzünü yapay zekâ-yapay sinir ağ teknolojilerine dönmesini sağlamıştır.

Yapay sinir ağ çalışmaları 1980'lerden itibaren özellikle Amerika'da büyük rağbet gördüğü, buradaki atılım ve yeni oluşumlardan anlaşılabilir. 1980 yılında ABD'de Yapay Zekâ Derneği kurulmuştur. Bunu takiben 1985'te Amerikan Fizik Enstitüsü *Neural Networks for Computing* (Bilgisayar için Sinir Ağları) başlıklı toplantı dizilerini yıllık olarak düzenlenmeye karar vermiştir. 1987 yılına gelindiğinde ise Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü'nün (IEEE) ilk Uluslararası Sinir Ağları Konferansı (*1. International Conference on Neural Networks*), yaklaşık 2000 kişinin katılımıyla gerçekleşmiştir (Anderson ve McNeill, 1992). Ve bu toplantılar her yıl düzenli olarak yapılmaya devam etmektedir.

1988 yılında İngiliz matematikçi David Broomhead ve bilgisayar bilimcisi David Lowe, Radyal Tabanlı Fonksiyonlar (*Radial Basis Functions*) modelini geliştirmişlerdir. Çok katmanlı ağ modeline alternatif olarak sundukları bu ağ modeli, yapılan işlemlerdeki hata olasılıklarını filtrelemede daha başarılı sonuçlar elde etmiştir (Broomhead & Lowe, 1988).

Her bir yapay sinir ağ modeli (geri yayımlı, ileri beslemeli, tek katmanlı, çok katmanlı) kullanıcı tarafından istenen işlemleri gerçekleştirirken tahmin, veri filtreleme, sınıflandırma, veri yorumlama ve veri ilişkilendirme yöntemlerini kullanmaktadır. Tahmin, daha önce sisteme girilmiş olan verilerden istenen bilgiyi tahmin edebilme durumudur. Dolar dün 18 türk lirası, dünden önce 17 türk lirası ise yarın 19 türk lirası olabileceği basit tahmin çıkarımı örnek olarak verilebilir. Veri filtreleme, kullanıcının talebi doğrultusunda veriler içinden en uygun olanları ayırt etmesidir. Sınıflandırma, girdisi yapılan verilerin benzer özelliklerde olanlara göre birbirinden ayrı olarak kategorize edilmesi işlemidir. Veri yorumlama, daha önce eğitilmiş yani kullanıcı tarafından programlanmış ağ girdileri analiz edilerek yorumlama yapılır. Veri ilişkilendirme, yorumlayarak öğrendiği veriler ile isteneni ilişkilendirir ve eksik yerlerini de tamamlayarak kullanıcıya sunar (Öztürk ve Şahin,

2018). Burada bilgisayara yazılımı yapılan yapay sinir ağı modeli kişinin kendi ihtiyaçları ya da talepleri doğrultusunda şekillenmektedir.

Yapay sinir ağlarında öğrenme, danışmanlı öğrenme (*supervised*) ve danışmansız öğrenme (*unsupervised*) olarak ikiye ayrılır. Danışmanlı öğrenmede ağ önceden eğitilmelidir. Bu eğitilme ise sistemin giriş ve çıkış verilerini önceden bilmesidir. Bilinmesindeki sebep ise sistemin hata toleransını ölçmektir. Önceden sisteme yüklenmiş, bilinen çıktı ile sistemin hesapladığı çıktı karşılaştırılır ve ikisi arasındaki fark hatayı verir. Hatayı ortadan kaldırmak ya da minimum değere çekmek için sürekli olarak işlem tekrarlanır. Bunun için de genellikle geri yayımlı ağ modeli kullanılır. Yapay sinir ağ sistemi geliştiren yazılımcıların çoğu danışmanlı öğrenme ve geri yayımlı ağ modelini kullanır (Ataseven, 2013). Danışmansız öğrenme ise kendiliğinden gerçekleşir yani sisteme yalnızca giriş verisi öğretilir. Bir danışmanı olmadığı için de sistem çıktıyı kendi kendine sınıflandırma yaparak bulur. Danışmansız öğrenme yapay sinir ağlarından ART (*Adaptif Rezonans Teori*), sisteme önceden girdisi yapılan veriler ile sınıflandırma yaparak daha önce karşılaşılmamış (sistemin bilmediği) örnekler ile çözüm yolu bularak çıktıyı verir (Yılmaz, 2021).

Yapay zekâ üzerine araştırma yapan Alman bilim insanı Sepp Hochreiter ve Alman bilgisayar bilimcisi Jürgen Schmidhuber, yapay sinir ağlarında kullanılan geri yayımlı ağ modelinin bilgileri depolamada ve öğrenmede uzun zaman harcadığı için alternatif bir yöntem geliştirmişlerdir. 1991 yılında *Long Short-term Memory* (Uzun-Kısa Süreli Bellek) (LSTM) isimli tekrarlayan sinir ağ modeli sayesinde el yazısı ve konuşma tanıma olanaklı hale gelmiştir (Hochreiter ve Schmidhuber, 1997).

Yapay sinir ağ sistemlerinin gelişimi bilgisayar teknolojilerindeki ilerleme ile birlikte hız kazanarak gelişmeye devam etmiştir. 1990 yıllarında bilgisayar laboratuvar ortamından çıkmış ve evlere girmeye başlamıştır. Bu dönemde yapay sinir ağ ekseninde oluşturulan programlama dilleri resmi kurumlar dışında da yazılımları yapılmaya başlanmıştır.

Python, Java, Lisp ve Haskell programlama dilleri bilgisayarlara insan zekâsını taklit etme becerisi kazandıran popüler yazılımlardır. Java kullanım kolaylığı ve büyük

ölçüde programları tasarlayabilmedeki becerisi ile bireysel kullanıcılar tarafından da tercih edilir.

Beşinci nesil bilgisayar döneminde topluma hitap etmeye başlayan bilgisayarlarda yapay sinir ağları bilgiyi depolayan onu verimli şekilde işleyebilen sistemdir. Bu sebep ile yapay sinir ağlarının çalışabilmesi için işletim sistemi hızlı ve RAM kapasitesi geniş cihazlara ihtiyaç vardır. Çünkü bilgisayarın performansı arttıkça onun öğrenme ve karmaşık veri kümeleri içinden isteneni ayırt edebilmesi olanaklı hale gelecektir.

1.3. Yapay Zekâ Tarihi

“Mekanik zihin oluşturulabilir mi?” ya da “Makineler düşünebilir mi?” soruları yapay zekâ fikrinin çıkış noktası olan düşünsel sorgulamalardır. Felsefî argümanlar içerisinde ele alınan bu sorular, uygulamada mühendislik gibi materyal-eksenli disiplinlerde kendine yer edinir. Bilgisayar veya mekanik teçhizata sahip makineler insan zihni çalışma prensibini taklit ederek kendi kendine işlem yapabilen- çalışabilen aletleri tasarlama ideali yapay zekâ kavramının mühendislik disiplinlerinde yer almasına neden olmuştur.

Patrick Winston Yapay Zekâ isimli eserinde yapay zekâ tarihinin 1940’lı yıllara dayandırır. Dijital bilgisayarın kavramsallaştırılması da bu dönem içerisinde gerçekleşmiştir (Yağcı, Gökçe vd., 2005). Yirminci yüzyılın ikinci yarısı itibariyle yapay zekânın işlevsellik kazanabilmesi programlama dilleri ile olacaktır. Bu dilleri oluşturabilmek ise yapay sinir ağ modellerinin geliştirilmesine bağlıdır.

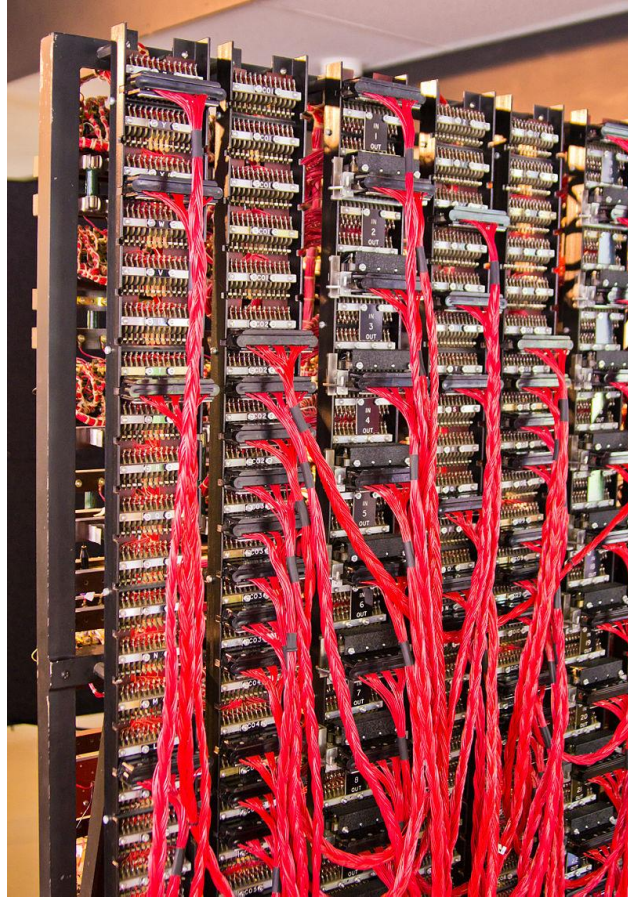
Yapay zekâ, insan zihninin çalışma mantığının mekanik sistemlere uyarlanması esasına dayanır. Bu uyarlama bilgisayarlarda yapay sinir ağları oluşturarak uygulamaya dökülür. Yapay zeka bir bilgisayar programı ya da yazılımına entegre edilebildiği gibi aynı zamanda bilgisayarda kodlaması yapılan bir robota da uyarlanabilir.

Yapay zekâ tarihi incelenirken konu, Yapay zekâ fikri ve Ortaya çıkış dönemi, Gelişme Dönemi, Duraklama Dönemi-Yapay Zekâ Kışı ve Gelişmelerin Hız Kazandığı Modern Dönem olmak üzere beş alt başlıkta ele alınmıştır.

1.3.1. Yapay Zekâ Fikri ve Ortaya Çıkış Dönemi

Yapay zekâ üzerine düşünsel fikirler yunan mitolojisine kadar dayansa da bir sistem haline gelmesi bağlamındaki somut adımların atılması ancak 20. yüzyıldan ikinci çeyreğinde görülür.

İkinci dünya savaşı döneminde “Bombe” isimli şifre kırma makinelerinden birini tasarlayan İngiliz bilgisayar bilimcisi-kriptolog Alan Mathison Turing (1912-1954) ve bir grup araştırmacı Enigma ile şifrelenmiş gizli mesajları deşifre etmekteydi. Bu elektronik makine, dijital bilgisayarın hayata geçirilmesindeki ilk adımdır. Alan Turing’in bu icadı onu bilgisayar biliminin ve yapay zekânın öncüsü haline getirmiştir.



Görsel 22. Bombe cihazının arka görünümü, güç paneli, dikdörtgen panelli yapay sinir ağlarına benzer kablolama sistemi (<https://bletchleypark.org.uk/our-story/the-bombe/>)

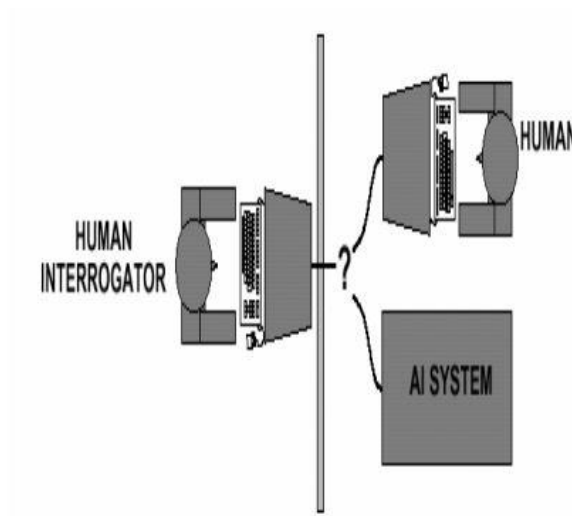
1945 yılı İkinci dünya savaşı sonlandığında Turing, elektronik bir bilgisayar tasarlaması için Londra'daki Ulusal Fizik Laboratuvarı'nda (NPL) çalışmalara başladı.

Automatic Computing Engine (Otomatik Bilgi İşlem Motoru) (ACE) isimli tasarımı elektronik programlanabilir depolama alanına sahip bir dijital bilgisayardı. Ancak bu bilgisayar imal edilmedi. Tasarım hayata geçmiş olsaydı 1950 yılındaki ilk dijital bilgisayardan önce Turing'in ACE cihazı piyasa çıkacaktı (Copeland, 2023).

İkinci nesil bilgisayar döneminde modern bilgisayarın dijitalleşmesini sağlayan transistor icat edilmiştir. 1950 itibari ile de bilgisayarda işletim sistemi olarak tüpler yerine transistörlerin kullanılmaya başlanması yapay sinir ağları ile çalışan yani yapay zekâlı bilgisayarların tasarımını mümkün kılmıştır. Bu anlamdaki çalışmalar yapay zekâ kış dönemi dışındaki süreçlerde hız kazanarak devam etmiştir.

1.3.2. Yapay Zekânın Gelişme Dönemi (1950-1974)

Bilgisayar bilimi ve dolaylı olarak yapay zekâ çalışmaları, İkinci Dünya Savaşı sonrasında hız kazanmıştır. Savaşın tetikleyici unsur olmaktan çıktığı bu dönemde bilgisayarlı sistemlerin potansiyelleri ve uygulama alanları konusunda önemli adımlar atılmıştır. Bunların başında yine Alan Turing'in çalışmaları dikkat çeker. Alan Turing, 1950 yılında "Mind" isimli felsefe içerikli bir derginin Ağustos ayı sayısında "*Computing Machinery and Intelligence*" (*Hesaplama Makineleri ve Zekâ*) adlı makalesinde (Armağan, 2019) "Makineler düşünebilir mi" sorusunun cevabını aradığı Turing Testi olarak bilinen taklit oyununu tanıtmıştır. Bu test, yapay zekâ sistemiyle çalışan bir bilgisayarın insan gibi düşünüp düşünemeyeceğini kanıtlama üzerine oluşturulmuştur. Test, bir moderatörün diyaloglar yöntemiyle aynı soruları hem insana hem de bilgisayara sorması şeklinde çalışır. Sorulan sorulara ait cevaplardan kimin insan kimin bilgisayar olduğu anlaşılamıyorsa Turing testi geçerli olarak kabul edilir (Yılmaz, 2020). Geçerli olabilecek test ise uygun programlama dili veya yazılım ile olanaklı kılınabilir.



Şekil 9. Turing Testi (Karaduman, 2019)

Yapay zekâ konusunun bir diğer öncüsü Arthur Lee Samuel, 1952 yılında dama oyunu için bir tür yapay zekâ programı yazmıştır. Dama programını kullanan bilgisayar, zaman içerisinde karşısındaki insanın strateji ve hamlelerini öğrenerek program geliştiricisinden bile daha iyi oynamaya başlar (Bayru, 2007). Bu durum bilgisayarların yalnızca sahip olduğu veriler ile değil aynı zamanda tecrübelerine dayalı olarak öğrendiklerini uygulayabilen makineler haline gelebileceğini gösterir.

1956'da Dartmouth Üniversitesi tarafından düzenlenen (Yağcı, Gökçe vd., 2005) Dartmouth Konferansı Yaz Yapay Zekâ Araştırma Projesi'nde görev alan bilgisayar bilimci John McCarthy **yapay zekâ** (*Artificial Intelligence –AI*) ismini ilk defa burada kullanmıştır (Bayramoğlu, 2007). Konferansta yer alan Amerika Yapay Zekâ Derneği'nin ilk başkanı Allen Newel, MIT Yapay Zekâ Laboratuvar kurucusu Marvin Minsky ve Nobel ödüllü Herbert Simon gibi bilim insanları da bu sahanın öncüleri olarak kabul edilir (Yılmaz, 2020).



Görsel 23. Dartmouth Konferansı – 1956 (<https://turkiye.ai/>)

John McCarthy, yapay zekâ sistemlerinin uygulamalarında kullanılabilmesi için 1957’de LIPS (List Processing) isimli bir programlama dili geliştirmiştir. Bu işlevsel programlama dili ile makinelere uygun yazılımlar oluşturulmaktadır (Yılmaz, 2020).

Bilgisayar tarafından bilinmeyen gelecekteki olay veya senaryoları tahmin edebilen **machine learning** (makine öğrenmesi), 1959 yılında Arthur Samuel tarafından yapay zekâyâ kazandırmıştır (Awad ve Khanna, 2015). Samuel bunu “Bilgisayarlara açıkça programlanmadan öğrenme yeteneği veren çalışma alanı” şeklinde ifade etmiştir (Samuel, 1959). Geliştirilmiş bellek kapasitesi ile sekiz bin kelimeye kadar kullanıcısına karşılık verebilen makine öğrenmeli dama oyununu IBM’in 701 bilgisayarında oluşturmuştur.

Daniel Bobrow 1964 yılında Marvin Minsky danışmanlığında Matematik alanında doktora derecesini aldığı yapay zekâ programı Student’ı Lips programlama dilinde geliştirmiştir. Lise matematik kitaplarında bulunan kelime problemlerini okumak ve çözmek için tasarlanan Student, doğal dil işlemeye yönelik geliştirilmiş ilk programdır (Bobrow, 1964).

Yapay zekâ çalışmalarının hız kazandığı bu dönemde pek çok program geliştirilmiştir. Eliza, (1965), Dendral (1965) ve Shrdlu (1968) gibi programlar bu dönemde oluşturulmuştur (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021).

1970 yılı itibariyle Japonya'daki Waseda Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, dünyanın ilk tam ölçekli antropomorfik (insan biçimli) robot tasarımı üzerinde çalışmaya başlamıştır. 1973 yılında yapımı tamamlanan bu robot uzayabilen ve nesneleri yakalayabilen ellere, ilkel bir şekilde yürüyebilen bacaklara sahipti. Bir buçuk yaşındaki bir çocuğun zihinsel yeterliliğinde olduğunu tahmin edilen bu robot karşısındaki bir kişi ile basit düzeyde Japonca iletişim kurabilmekteydi (Jackson, 2021).

1973 yılında ilk insansı robotun imal edildiği gibi yapay zekâ çalışmalarını duraklama dönemine sokacak bir gelişme yaşanmıştır. Profesör Sir James Lighthill'in İngiliz hükümeti için hazırladığı raporda: bilim insanlarının yapay zekâ için büyük umutlar beslediğini ancak bunları gerçekleştirebilme olasılıklarının da paralelinde çok düşük olduğunu ifade etmiştir (Agar, 2020). Büyük problemlere çözüm aramaya çalışan yapay zekâ bu sorunlara yanıt verememektedir. Bu sebeple bu alanda çalışmaların yürütülmesi de gereksiz bir uğraşı olarak görülmüştür.

Daha önceki bir tarihte de DARPA (1969), yapay zekâ çalışmaları için ayrılan bütçenin askeri harcamalara aktarılması hususunda bir rapor hazırlanmıştır. Bunun üzerine 1980 yılına kadar Amerika hükümeti resmi olarak yapay zekâ araştırmalarını askıya almıştır.

Yapay zekâ çalışmalarına yönelik finansal desteklerin çekilmesi bu alanda araştırma yapan bilim insanlarının da sayısını azaltmıştır. Bu sebeple yapay zekâ duraklama dönemine girmiştir ancak duraklama dönemi çalışmaların hiç olmadığı bir süreç değildir. Yalnızca gelişme döneminde olduğu gibi araştırmalar daha bireysel ve minimal düzeyde kalmıştır.

1.3.3. Duraklama Dönemi - Yapay Zekâ Kışı (1974-1980)

Bu dönem yapay zekâ çalışmalarının sekteye uğradığı ve gelişme döneminde olduğu kadar çalışmaların yapılamadığı dönemdir. Ülke fonlarının ve finansal desteklerin çekildiği bu süreci AI araştırmacıları Marvin Minsky ve Roger Schank *artificial intelligence winter* (yapay zekâ kışı) olarak isimlendirmiştir (Umbrello, 2021).

Yapay zeka alanında çalışmalar yürüten Hint kökenli Amerikan bilgisayar bilimcisi Dabbala Rajagopal "Raj" Reddy, zekanın konuşma, dil, görme, anlama ve kavrama becerileri üzerine yoğunlaşmıştır. Doğal dil işleme ile ilgili çalışmaları anlattığı bir bildiriye, IEEE Bildiriler Kitabı'nda 1976 yılında yayınlamıştır (Huang, Acero ve Hon, 2001).

Yenilik arz eden çalışmaların görülmediği bu dönemde daha önce üzerinde araştırmaların yapıldığı kavramlar çalışılarak bu disiplin canlı tutulmak istenmiştir. Ancak somut olarak ortaya çıkan yeni bir kavrama rastlanamamıştır.

Bu dönemin sonlanması yapay zekâ da devrim niteliği taşıyan uzman sistemlerin ortaya çıkması ile son bulacaktır. Bir probleme yönelik tüm sorunlara cevap vermesi beklenen yapay zekâ programları daha önceki dönemlerde yetersiz kalmaktaydı. Ancak sorun parçalara ayrılırsa problem de beraberinde çözülebilir. Yani her küçük problem kendine ait disiplinde çözüme kavuşursa yapay zekâ da beraberinde sorunu çözebilir. Bu da ancak uzman sistemler ile mümkün kılınabilir.

1.3.4. Gelişmelerin Hız Kazandığı Modern Dönem (1980 sonrası)

Uzman sistemler, belirli bir konudaki problemi alanın uzmanı gibi çözebilen yazılım programına verilen isimdir. Uzman sistem probleme yönelik sorgulama ve çıkarım yapabilme kabiliyetlerine sahip olduğu için sorunlara çözüm getirebilmektedir.

1970 yıllarında geliştirilen uzman sistem kavramı ancak 1980li yıllarda uygulama sahasına çıkmıştır (İçen ve Günay, 2014). Sistemin uygulanması ile birlikte insan gibi düşünebilen ve karar verebilen makineleri tasarlamak daha olanaklı hale gelmiştir.

Yaşanan bu gelişme neticesinde özel teşebbüslü kurumlar yapay zekâ üzerine yapılacak çalışmaları finansal açıdan desteklemeye başlamıştır. Firmaların ve bireysel katılımcılarında girişimleri ile bugün de hala konferanslarına devam eden *Association of Artificial Intelligence* (Yapay Zekâyı Geliştirme Derneği) (AAAI) 1979 yılı sonlarında kurulmuştur. Amerika’da kurulan bu bilim topluluğu kendini düşünce ve zeki davranışın altında yatan mekanizmaların ve bunların makinelerdeki somutlaşmasını bilimsel anlayışla geliştirmeye çalışmaktadır (<https://aaai.org/>). 1980 yılından itibaren de bünyesinde yer alan araştırmacılar her yıl düzenli bir araya gelip sunum yapmakta ve son gelişmeleri tartışmaktadır.

Yapay zekâ çalışmalarının 1980’lerden itibaren özellikle Amerika’da büyük rağbet gördüğü, buradaki atılım ve yeni oluşumlardan anlaşılabilir. Bu anlamda Apple ve IBM şirketleri, bilgisayar tasarımlarını yapay zekânın kullanabileceği şekilde geniş hafızalı ve programları çalıştırabilecek hızda tasarlamaya başlamıştır. Yine aynı yıl, 1980, ABD’de Yapay Zekâ Derneği kurulmuştur. Dernek ve toplulukların kurulmaya başlandığı yer Amerika olsa da diğer ülkelerde de yapay zekâyâ yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu anlamda Japonya robot teknolojisinde dünyanın önde gelen ülkesidir.

WABOT-1’i tasarlayan Japon bilim insanları robot teknolojisini bir adım daha ileri taşımak istediler ve sanatsal amaçla hareket eden robotu 1980’de imal ettiler. Elektrikli bir orgdaki tuşları çalabilen, notaları okuyabilen, bir kişiyle konuşabilen ve hatta şarkı söyleyerek karşısındaki birine eşlik edebilen WABOT-2 modelini geliştirmişlerdir (Jackson, 2021). Bu makineyi kişisel robot fikri yönünde atılmış bir adım olarak görebiliriz. Ayrıca bu tasarım ile birlikte robotlar sosyal hayatta yer edinmeye başlayacaktır.

Japon Uluslararası Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (MITI) 855 milyon dolar bütçe ile beşinci kuşak bilgisayarlar sistemleri üzerine bir projeyi yürürlüğe sokmuştur. Projeden önce ise kendi teknolojilerinin tanıtımını yapmak üzere bir programı 1981 yılında organize etmiştir. Bu anlamda Avrupalı ve Amerikalı araştırmacılar Tokyo’da ağırlanmış ve bir dizi konferansa katılımları sağlanmıştır. Japonya burada teknoloji geliştirme hususunda Amerika’dan geri kalmadığını ispatlar nitelikte kendi elektronik devre ve mikro çiplerinin tanıtımını yapmıştır. 1982 yılında da Beşinci Kuşak

Bilgisayar Sistemleri Projesini resmi olarak başlatmıştır. Proje, yeni nesil bilgisayarların geçmiş kuşaklara oranla nasıl daha iyi verimle çalışabilecekleri problemi üzerinde durmuştur. 1990 yılına kadar devam eden bu projenin sonunda Japonya kendi süper bilgisayarını imal edebilir hale gelmiştir (Beynam, 2017).

Japonya'nın girişimlerinden etkilenen Amerika hükümeti ve şirketler bu sahada yaptığı çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiğini düşündü. Bu anlamda DARPA 1990 yılına kadar bir milyar dolar fonu ile süper-zeki olarak çalışacak bilgisayarların oluşturulması için bir program başlattı. Programda tasarlanması istenen makineler, insana özgü görme, anlama, kavrama, kategorize etme, planlama ve sonuç çıkarma kabiliyetlerine sahip olmalıdır. Akıllı, insansız hava araçları ya da robotların tasarlanması da yine bu programın amaçlarından biridir (Beynam, 2017). Tüm bu girişimler Japonya'nın benzeri hamleler olarak görünse de Amerika bu teknolojileri savunma-saldırı için planlarken, Japonya daha hızlı çalışıp işlem yapabilen bilimsel araştırmalarda ya da insan hayatını kolaylaştıracak makinelerin tasarımı peşindedir.

1990lı yılların ortalarında IBM Deep Blue isimli satranç oynayabilen bilgisayarını imal etmiştir. Bilgisayar 120 MHz ve 135 MHz hızlarında, 1 GB RAM ve 4 GB disk ile çalışmaktadır (Campbell, Hoana ve Hsu, 2002). Yapay zekâ ile işleyen bu bilgisayar karşısındaki oyuncunun nasıl oynadığını öğrenerek sonraki adımda hangi hamleyi yapacağını tahmin etmektedir. Deep Blue 1997 yılında dünya satranç şampiyonu olan Garry Kasparov'u mağlup etmiştir. Bu yapay zekâ için oldukça önemli bir gelişmedir. Çünkü satranç, öngörü ve strateji gibi insana ait olan yeterlilikler ile oynanan bir oyundur. Bu nedenle satranç oyununun başarısı yapay zekânın işlevselliğini anlayabilmemizi sağlayacaktır.

Bireysel kullanıcılara hitap etmeye başlayan yapay zekâ ile çalışan makinelerin evlere girmesi, Dave Hampton ve Caleb Chung'nin *Furbby* isimli robotu 1998 yılında tasarlamıştır (Pınarbaşı, 2019). Çocuklar için oyuncak olarak imal edilen bu robot, konuşabiliyor hatta sahibinden öğrendiği yeni kelimeler ile onun komutlarına yanıt verebilmekteydi. Bu robot, makine öğrenmesi ile çalışan cihazların evlerde kullanılmaya başlanmasının ilk örneği olarak karşımıza çıkar (Sprankles, 2016). 2000 yılında ise yapay zekâ ile çalışan *Roomba* isimli elektrikli süpürge bir diğer akıllı ev aleti olarak karşımıza çıkar (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021).

İnsana benzeyen ve insan gibi davranışlar sergileyen robot tasarlama ideali 2000li yıllardan itibaren popüler hale gelmiştir. Bu anlamda MIT mühendislerinden biri olan Cynthia Breazeal, *Kismet* isimli robotu 2000 yılında tanıtmıştır. Breazeal gelişim psikolojisinden yararlanarak oluşturduğu bu robotun özelliklerini anlatırken insanlarla sezgisel bir şekilde iletişime geçtiğinden bahseder. Burada robota ait sensör kameraları karşıdan ya da yandan gelen nesneyi algılayamaz ise geriye doğru çekilerek onu tanımlamaya çalışır⁹ (MIT Resource Development, 2001). İletişime geçme ve duygu durumunu anlamaya yönelik tasarlanan Kismet robotu ile aynı yıl tanıtımı yapılan bir diğer robot ise insan gibi hareket edebilen Honda Motor'un ASIMO robotudur. Asimo, yürüme, koşma ve hatta bir garson gibi siparişleri masaya servis edebilme yeterliliklerine sahip bir şekilde imal edilmiştir.

2006 yılında yapay zekâ araştırma alanı olarak *Machine Reading* (Makine Okuması) (MR) kavramı Amerikalı bilgisayar bilimcileri Oren Etzioni, Michele Banko ve Michael Cafarella tarafından ortaya atılmıştır. Tıpkı insanların metinleri okuyup anlam çıkarma becerisi gibi makineler de makine okuması ile metni tarar ve ondan anlamlı bilgiler çıkarır (Etzioni, Banko ve Cafarella, 2006). Bu kavramın önemli olmasındaki sebep ise akıllı sistemlerin insan dilini anlama yeteneğini uygulamaya koyabilmesidir. Akıllı cihazlar özellikle de robot tasarımlarını hayata geçirmede sıklıkla kullanılan bir teknolojik yenilik olarak karşımıza çıkar.

Yapay zekânın temel yapı taşlarından olan çoklu **derin öğrenme** kavramını çoklu öğrenme tanımı ile 2006 yılında terminolojiye kazandıran İngiliz asıllı bilgisayar bilimcisi Geoffrey Everest Hinton, Turing gibi yapay zekânın babası olarak anılmaktadır. Hinton, BBC'ye verdiği bir röportajda derin öğrenme ile çalışan makinelerin insan zihninden daha iyi işlem yapabildiğini ve daha karmaşık problemleri kısa sürede çözebileceğini ancak yine de insandan daha zeki olmadıklarını ifade etmiştir (Kleinman ve Vallance, 2023).

Derin öğrenme ve bilgisayarlı görü üzerine yapılan araştırmaların ilerlemesine katkıda bulunacak ImagineNet isimli program, Amerikalı bilgisayar bilimcisi Fei Fei Li liderliğindeki bir grup araştırmacılar ile birlikte Princeton Üniversitesi'nde 2007 geliştirilmiştir (Pınarbaşı, 2019) fakat bir şirket halini alması 2010 yılında olmuştur.

⁹ Daha fazla bilgi için <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>

Bu program, görsel olarak nesneleri tanıma ve ayırt etme üzerine yazılmıştır. İçerisinde 14 milyondan fazla görsel yer almaktadır ve bu verilerden isteneni ayırt edebilme yeteneğine sahiptir. Bu da bize programın derin öğrenme kuralları ile işlediğini gösterir.

Kendi kendine içerik üretebilen ilk yazılım programı Amerika'da yer alan Northwestern Üniversitesindeki Akıllı Bilgi Laboratuvarında çalışan bilim insanları tarafından 2009 yılında geliştirilmiştir (Pınarbaşı, 2019). StatsMonkey isimli bu program, bir beysbol maçından istatistikler alır ve o oyun hakkında bilgisayar tarafından oluşturulmuş bir haber öyküsünü sahip olduğu veriler ışığında oluşturur. Burada herhangi bir insan müdahalesi yoktur. Bilgisayar, program aracılığı ile içeriği kendi kendine oluşturur (Allen, Templon, McNally, vd. 2010).

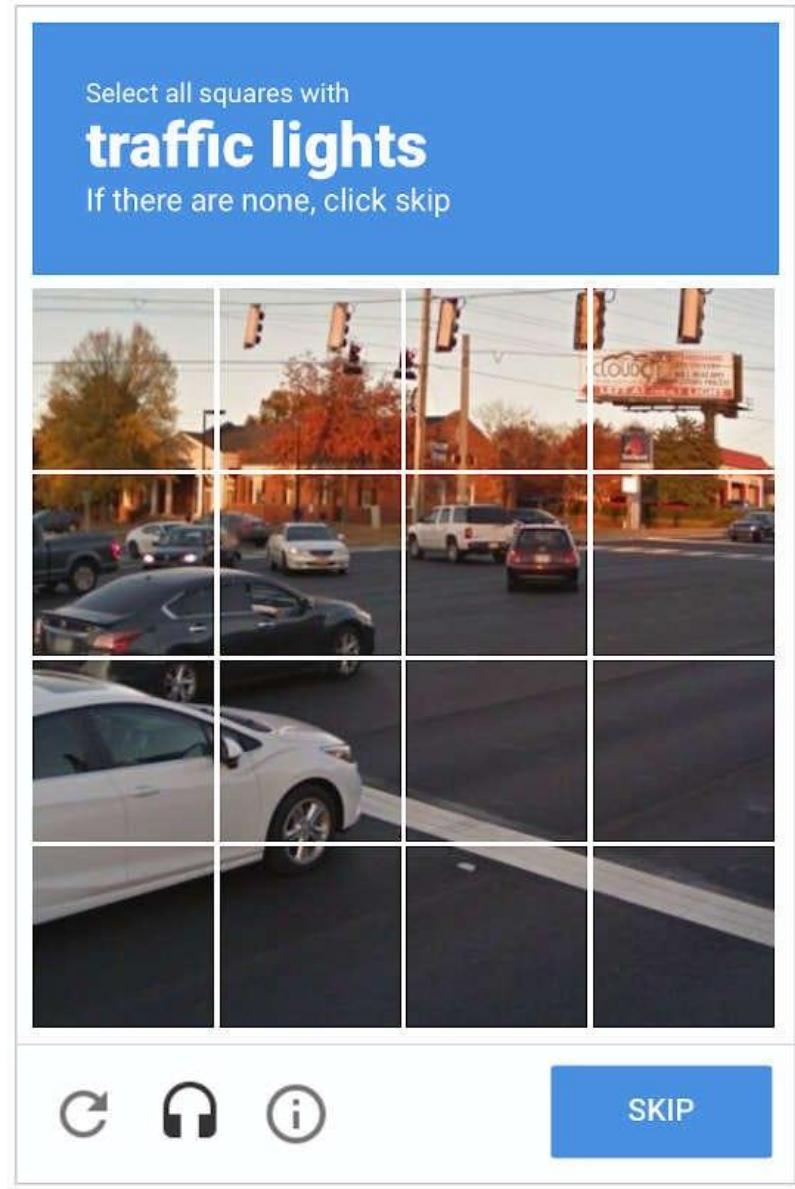
Apple şirketi 2011 yılında Siri yardımcı asistanını tanıtmıştır. Apple'ın kendine ait bir yazılımı olmayan Siri teknolojisi DARPA tarafından finanse edilen CALO (*Cognitive Assistant that Learns and Organizes*) (Öğrenen ve Organize Eden Bilişsel Asistan) projesini geliştiren SRI International ekibine aittir. 2010 yılında Apple, Siri'yi satın alarak eş zamanlı sinir ağları, makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerinden yararlanarak Siri'nin konuşma-ses tanıma motorunu geliştirmede *Nuance Communications* ile işbirliği içinde çalışmıştır (Saltzman, 2012). Apple'ın bu girişimi sayesinde yapay zekâ destekli yazılım uygulamaları sosyal hayat içerisinde kendine yer edinmeye başlamıştır.

Harvard Üniversitesi öğrencilerinden biri olan Mark Zuckerberg, Amerika'da yer alan üniversite öğrencileri arasında iletişim kurulmasını sağlayacak **Facebook** isimli bir yazılım geliştirmiştir. 2004 yılı başlarında öncelikle Harvard Üniversitesi öğrencileri tarafından kullanılan Facebook uygulamasının ünü daha sonra tüm ülke çapına yayılmıştır. 2004 yılının sonuna doğru kurumsal kimlik kazanan Facebook, 2006 yılında mail doğrulaması ile dünya çapında on üç yaş üzeri tüm kullanıcıların erişimine açılan bir site haline gelmiştir. Facebook şirketi 2012 yılında İsrail, Tel Aviv merkezli on bir kişiden oluşan ekibin yüz tanıma teknolojisini geliştirdiği face.com yazılımını satın almıştır (<https://www.bbc.com/news/technology-18506255>, 2012). Bu yazılım ile birlikte fotoğraf paylaşımı yapılan herkesin yüz hatlarını sistem bilecektir. Fotoğrafı facebook'a yükleyen kişi o fotoğrafta olanların kimler olduğunu belirtmese

de sistem makine öğrenmesi ile eşleştirme yaparak o fotoğraftakinin kim olduğunu bilecektir. Derin öğrenmeye hizmet eden bu girişim gizlilik savunucularının teknolojik gelişmelere, yapay zekâya karşı eleştirilerin fitilini ateşlemiştir.

Facebook şirketinin derin öğrenme üzerine yaptığı hamlelerin takipçisi olan **Google** şirketi, 1998 yılında Amerika’da kurulup 2004 yılında halka arz edilen arama motoru şirketi, 2014 yılında yapay zekâ şirketi olan Deepmind’ı satın almıştır. Deepmind, önceden programlanmamış bir şekilde sadece deneyimlerden öğrenerek sonuca varan bir yazılımdır (<https://www.deepmind.com/blog>, 2022). Google ile birlikte de ham piksel verilerden bütünü oluşturup yorumlayan ve sonraki aşamalar da kullanıcıların neyi aramak istediklerini tahmin eden ona uygun seçenekler sunan bir hal almıştır. Yapay sinir ağları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme ile yapay zekâ oluşturan bu yazılım robotik teknolojilerin gelişmesine de katkı sağlamaktadır.

Amerika’da 2010 yılında kurulan *Vicarious* isimli yapay zekâ şirketi insan ve bilgisayarı birbirinden ayırt etmeye yarayacak yazılımı geliştirme üzerine çalışmalar yürütmektedir. 2014 yılında Vicarious bünyesinde çalışan mühendisler “CAPTCHA” (*ompletely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart*) adını verdikleri bir projeyi geliştirmişlerdir. Bu projenin amacı, Turing testinin bir benzeri niteliğinde, internet ortamında bilgisayar ve insanın davranışlarını ayırt etmektir. Bugün Google arama motoru da güvenlik amacıyla sıklıkla bu yapay zeka yazılımını kullanmaktadır.



Görsel 24. Modern bir CAPTCHA örneği (Thompson, 2021)

Yapay zekâ merkezli işleyen robot teknolojilerinin amacı insana benzeyen onun gibi düşünüp hareket edebilen insansı makineleri tasarlamaktır. Bu anlamda, 2015 yılında Cambridge Üniversitesi Mühendislik Bölümü'nde Robotik Profesörü olan Dr. Fumiya Iida liderliğindeki Zürih Federal Teknoloji Enstitüsü (ETH Zürih) araştırmacı grubu öğrendikleri ile kendi kendini geliştirebilen robot projesini başlatmıştır. Birden çok sanal robotu simule ederek, onları nasıl gerçek dünyaya adapte ederiz sorusuna yanıt aramışlardır (Iida, vd. 2020). Araştırma grubu insan müdahalesi olmadan kendi

kendini geliştirerek performansını arttıran bir “anne robot” geliştirmişlerdir. Anne robot içerisinde motor bulunan plastik küplerden bebek robot yapmaya çalışır. On adet bebek robotu tamamlar ve en son ürettiği bebek robot ilk robota göre iki kat daha başarılı bir çalışmadır¹⁰ (Ghosh, 2015). Bu çalışma sayesinde robot teknolojileri farklı bir boyut kazanmıştır. Artık sadece kod ile öğretilen görevleri değil, kendi kendine tecrübe ederek öğrendikleri ışığında eylemde bulunabilen robotlar tasarlamak mümkün hale gelmiştir.

Apple şirketi 2016 yılında insanların yüz ifadelerinden duygularına dair anlam çıkarabilen *Emotient* isimli yapay zekâ yazılımını satın almıştır (Winkler, Wakabayashi ve Dwoskin, 2016). Emotient, 2012 yılında San Diego’da kurulmuş küçük bir şirkettir. Kendi ismi ile geliştirdiği yazılım, kameraya yansıyan (bilgisayar, telefon ya da güvenlik kamerası fark etmeksizin) görüntüyü tarar ve ardından kişilerin yüz ifadelerini analiz ederek onların nasıl hissettiğini yorumlar (Olanoff, 2016). Bu teknoloji bugün reklam şirketleri başta olmak üzere pek çok firma tarafından kullanılmaktadır. Reklamı yapılan bir ürünün (potansiyel) hedef kitlesinin o ürün(ler)e karşı nasıl bir yüz ifadesi ile tepki verdiği belirlenir. Apple kendi ürünlerinde bu uygulamayı nasıl ve ne yöntemler için kullanacağını söylememiştir. Bugün yüz tanıma teknolojisini telefonlarında güvenlik amacı gözetilen işlemleri gerçekleştirmede kullanır. Genel itibarı ile de teknolojiyi elinde tutarak farklı firma ya da şirketlerin yararlanmasını sağlamaktadır. Bu hamle ile Facebook ve Google’ın yapay zekâda yüz tanıma üzerine geliştirdiği teknolojilerin de bir adım ötesine geçmiştir. Ayrıca Apple kullanıcıların yüz ifadelerini daha iyi tanıyabilmek için günde 100.000 kadar yüz görüntüsünü toplama ve etiketleme yöntemini tekel yapabilmek adına patent de almıştır (Winkler, Wakabayashi ve Dwoskin, 2016).

Yapay zekada kendi kendine öğrenebilen sistemlerin entegrasyonu bilgisayarlar ile başlayıp robot teknolojileri ile hayata entegre edilmeye çalışılmıştır. Bu anlamda geliştirilen teknolojilerden biri de otonom araçları tasarlama idealidir. Kaliforniya merkezli bir teknoloji şirketi olan Nvidia Corporation Santa Clara, derin öğrenme ile geliştirdiği *Pilotnet* isimli projesini 2017 yılında duyurmuştur. Bu proje, insan

¹⁰ Ayrıntılı bilgi için: Brodbeck, L. Hauser, S. Iida, F. (2015) Morphological Evolution of Physical Robots through Model-Free Phenotype Development. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128444>

sürücülerin davranışlarını taklit ederek kendi kendini süren bir arabanın tasarımıdır. Pilotnet, direksiyon açılarıyla eşleşen yol görüntülerini kullanarak eğitilir ve yolda daha önce şerit işareti gördü ise şerit işaretleri olmayan yollarda bile bunu kendi sisteminde oluşturup yoldan sapmayarak sürüşüne devam edebilir. Pilotnet'in eğitim verileri, onun önüne yerleştirilen bir kameradan alından görüntüler ve daha önce direksiyon açılarıyla eşleşen görüntülerin senkronizasyonuna dayanır. Önceden öğretilenler yalnızca bir süre onu idare eder devamında kameradan aldığı veriler ile bilgileri harmanlar ve yeni durumların çözümünü kendi kendine geliştirir. Firmanın buradaki amacı, elle kodlama kurallarına olan ihtiyacı ortadan kaldırmak ve bunun yerine gözlemleyerek öğrenen bir sistemi oluşturmaktır (Bojarski, Muller, Firner vd. 2017).



Görsel 25. Pilotnet kamera görüntüsü, yeşil renkli kısımlar onun şerit işaretlerini, yol kenarlarını ve diğer araçları tanımayı öğrendiğini gösterir (Bojarski, Muller, Firner vd. 2017)

Hafıza yani bellek bir bilgisayarı oluşturan üç ana parçadan biridir. Bilgisayarda işlem yapabilmek için belleğe ihtiyaç vardır. Bu nedenle bilgisayar teknolojileri geliştirilirken beraberinde onların sahip olacağı bellek hacmi de arttırılmaya çalışılmıştır. Bir bilgisayar için bellek ne ise yapay zekâ için de daha önce öğrendiklerini hatırlayabilme becerisi benzer nitelikleri taşır. 2017 yılına kadar yapay zekâ karmaşık işlem süreçlerini gerçekleştirebilse de belirli bir hafızaya sahip olmadığı için bu bilgileri kısa süre unutmaktaydı. Bu problem yapay zekânın sürekli öğrenmesinin de önüne geçmekteydi. Önceden öğrendiklerini hatırlayamadığı için yeni edindiği bilgilerle de öncekiler edinimleri arasında bir sinaptik bağ kuramamaktadır. Böylece öğrenme süreci aksayarak yapay zekâ esas görevini yerine

tam anlamı ile getirememektedir. Problem, Google şirketinin satın aldığı Deepmind araştırmacılarının yapay zekâya hafıza eklemesi ile çözüme kavuşmuştur (Kirkpatrick, Pascanu, Rabinowitz, vd. 2017).

Yapay zekâ çalışmaları 2018 yılına kadar Google, Facebook ve Apple gibi büyük çapta şirketler tarafından yapılmaktadır. Geniş kapsamı ve mali yükümlülüklerinden dolayı yapay zekâ alanında bireysel çalışmalar yapılamamaktadır. Bu anlamda Google yapay zekâ araştırma laboratuvarı çalışanları, makine öğrenimi uzmanlığına sahip bireylerin her boyuttaki her tür veri üzerinde çalışan makine öğrenimi modellerini kolayca oluşturmaya yardımcı olacak *Google Cloud Machine Learning Engine*'i (Cloud AutoML) kullanıma sunmuşlardır. Cloud AutoML ile basit düzeyde yapay zekâ algoritması yazmak olanaklı hale gelmiştir. Google'ın Yapay Zekâ Şefi Fei-Fei Li, dünyada çok az firmanın yapay zekâ geliştirecek donanımlı insana ve maddi imkâna sahip olduğunu, yapay zekâyı herkese ulaştırabilmek için de daha çok yolun olduğunu ifade etmiştir (Fei-Fei Li ve Li, 2018).

Yapay zekâ ismi her ne kadar hayatımızın içinde sık sık duyduğumuz bir kavram olsa da bu alana dair çalışmalar yalnızca büyük firmaların araştırma laboratuvarlarında yapılmaktadır. Yapay zekâ geliştirebilmek için yalnızca makine öğrenmesi, derin öğrenme ya da diğer yapay zekâ alt dallarına hâkim olmak yeterli değildir. Bir yapay zekâ algoritması geliştirebilmek demek yüksek hızda işlem yapabilen bilgisayarlara sahip olmak demektir. Bu sebeple güçlü firmalar teknolojik gelişmeleri ellerinde tutmakta hatta istedikleri ölçüde bu bilgileri ve teknolojik yenilikleri paylaşmaktadırlar. Covid-19 salgını itibari ile gündem de olan yapay zekâ tabanlı uygulamaların hayata geçirilebilmesi de bu büyük şirketlerin geliştirdiği teknolojileri kullanan küçük şirketlerdir. Yüz tanıma teknolojisini elinde tutan Apple ve diğer benzer çalışmaları yapan büyük şirketler, sahip olduğu verileri kendi kullanmasa bile diğer şirketlerle paylaşarak onların küçük çaplı yazılımlar geliştirebilmesine olanak tanır. Bugün bu büyük şirketler geliştirdikleri son teknolojileri (Covid-19 pandemisi dönemi itibari ile) paylaşma hususunda çekimser davrandıkları için burada son paylaşım olarak Google'ın Cloud AutoML aracı (*tool*) anlatılmıştır.

1.4. Yapay Zekâ Sistemleri

Yapay Zekâ (*Artificial Intelligence*) bir bilgisayarın ya da bir bilgisayar tarafından kontrol edilen makinenin (bilgisayar ya da yazılım), insan zekâsı tarafından ayırt etme becerisinin gerektirdiği öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, algılama ve dil kullanma gibi görevleri yerine getirebilme yeteneğine sahip olan sisteme verilen isimdir (Copeland, 2022).

İnsan zekâsının otomasyon sistemlerindeki taklidi ile makinelerin akıllı insan davranışlarını üretebilmesi (Dick, 2019) sonucunda zekâ sistemli çalışan makineler *akıllı* olarak isimlendirilebilir.

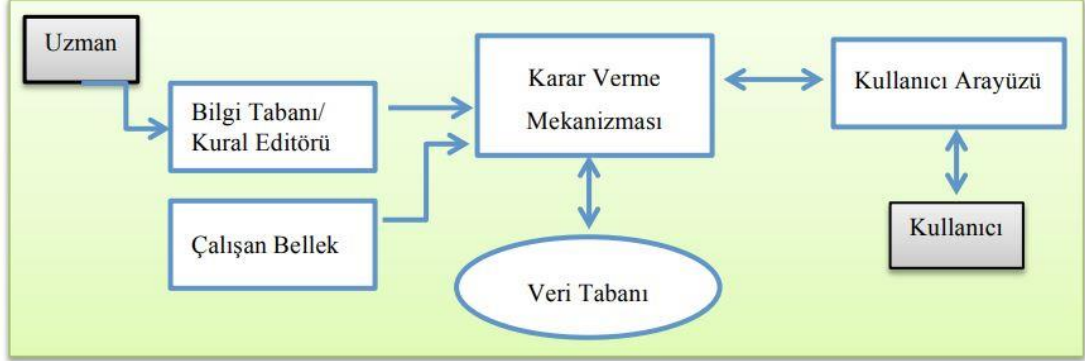
Öğrendiklerini kullanarak düşünebilen ve çıkarımda bulunabilen yapay zekâ makineleri, bu işlemleri geleneksel bilgisayar ve yazılımlardan çok daha hızlı ve sistematik olarak gerçekleştirebilirler. Bunun ötesinde, birbiriyle ilişkili verileri, sıraya koyarak değil, aynı anda farklı işlemlerde kullanabildiklerinden, yüksek fonksiyonlu çalışma gücüne sahiplerdir. Yapay zekâ makinelerinin bu becerisi nedeniyle tıptan mühendisliğe, kimyadan psikolojiye ve biyolojiye kadar birçok farklı disiplinde kullanılmaktadır. Tezin konusuna bağlı kalmak amacıyla bu bilim dallarındaki uygulamalara dair örneklerle değinilmeyecektir.

1.4.1. Uzman Sistem Modeli

Karşılaşılan problemleri o konunun uzmanı gibi bilgi ve geçmiş edinimleri ile çözüm getirerek mantıksal çıkarımda bulunan sisteme verilen isimdir (Öztürk ve Şahin 2018). İnsan uzmanlığı taklit edilerek geliştirilen uzman sistemler modeli, belirli bir alan veya uygulama sahasında bilgi birikimi ile alanında uzman olan birine yöneltilen soruya ya da probleme ilişkin sonuçların talep edene sunulmasıdır.

Alanında uzman olan birine uzmanlık alanına dair yöneltilen bir soruda uzman daha önce sahip olduğu karmaşık haldeki bilgi birikimini (bilgi tabanı) anlamlı hale getirebilmek için karar verme mekanizmasında bir ayıklama yapılarak istenene dair akıl yürütme işlemi gerçekleşir. Bu ayıklamayı yaparken daha önce anlamlı halde zihninde yer alan, bilgilerin saklandığı, veri tabanından da yararlanır. Kararı verilip

sonuca ulaştırılan sorunun yanıtı kullanıcı arayüzü ile iletişimde olunan kullanıcıya verilir.



Şekil 10. Uzman Sistem Modülü Çalışma Yapısı (Atalay ve Çelik, 2017).

Çalışma yöntemi olarak uzman sistem diğer sistemlere oranla tam olmayan - eksik bilgi ile de çalışabilir. Ancak sistemin iyi çalışabilmesi için bilgi tabanındaki veri hacminin geniş olmasına ihtiyacı vardır. Akdeniz anemisi için kullanılan eksik bilgi içeren uzman sistemde bilgisayar, ilaç bilgisi talep eden doktora hastanın bilinen semptomlarına göre ilaç önerilerinde bulunur. Fakat veri hacmi geniş olan bir uzman sistem bilgisayarı ilaç önerirken daha önce bu hastalığa sahip bireylerde oluşan yan etkileri ya da alerjik ihtimalleri göz önünde bulundurarak hasta için farklı alternatiflerin olduğu (yaş, cinsiyet, kilo gibi değişkenleri de içerek şekilde) seçenekleri sunacaktır.

1.4.2. Makine Öğrenmesi (*Machine Learning*) Sistemi

Geçmişte deneyimlenip bilinen özelliklere dayanarak öğrenilmiş olan veriler ile tahminler yapabilen, edindiği tecrübeler ile performansını iyileştirebilen yazılımlara verilen isimdir. Makine öğrenmesi, veri madenciliği, olasılık, istatistik, bilgi teorisi, psikoloji, felsefe ve sinir bilimi gibi birçok disiplin ile ilişkilidir (Mahesh, 2018). Makine öğrenmesinde veriler, sadece birkaç katmanlı ilgi-ilişki ağı oluşturmaktadır.

Makine öğrenmesi algoritma oluşturabilmek için veriye, talep edilen bilgiyi çıktı olarak verebilmek için ise tahmin modellemesine ihtiyaç duyar. Bu tahmin modellemesi yapay sinir ağ modelleri ile geliştirilir. Makineye yöneltilen bir sorunun cevabı sistem içerisinde aranırken algoritma doğru yanıtı sahip değilse kullanıcına

sonuç çıktısını veremez. Ancak daha sonra bu bilgiyi edinebileceği bir veri ile karşılaşır o veri ile öğrenme sürecini başlatarak yeni algoritmasını oluşturabilir.

1.4.3. Derin Öğrenme (*Deep Learning*) Sistemi

Makine öğrenmesinin alt dalı olan derin öğrenme, insan müdahalesine ihtiyaç duymadan algoritmaları ve büyük veri kümelerini otomatik olarak bulan ve kullanıcı tarafından talep edilen bilgiyi çıktı-yanıt şeklinde sunan öğrenme şekline verilen isimdir. Derin öğrenmede bilgisayar, programlanabilir sinir ağlarını kullanarak normal bilgisayarlarda işlenemeyecek büyüklükte verileri işler ve bu verilerden kullanıcının işine yarayacak doğru sonucu ortaya koyar.

Büyük miktarda veri içerisinde doğru kararları verebilmesi ise bilgisayar sistemlerindeki programlanabilir sinir ağları ile olmaktadır. Derin öğrenme sistemi en az bir yapay sinir ağına sahip olmalıdır. Bu sinir ağı sayesinde makine öğrenmesi sahip olduğu veriler ile yeniden öğrenmeyi olanaklı kılacak bilgiler üretebilecektir.

1.4.4. Genetik Algoritma Sistemi

Bu sistem evrim teorisinin temel prensiplerine dayalı olarak kurgulanmıştır. Evrimsel süreçte sadece mevcut şartlara dayanıklı olan canlıların hayatta kalması esastır. Bunun gibi genetik algoritma sisteminde de verilerden türetilen sonuçlardan sadece en iyisi seçilir (Atalay ve Çelik, 2017).

1.4.5. Bulanık Mantık Sistemi

Klasik mantıkta önermeler iki değerli doğru ve yanlıştan oluşur. Çok değerli mantıkta önermeler dereceli şekilde ele alınabilir. Ancak iki değerden fazla durumlar için bulunan çözüm yolu bulanık mantıktır. Bulanıklık durumu üç farklı değere sahip ise

bunlar “doğruluk” “yanlışlık” ve “belirsiz” şeklinde sıralanır. Bu belirsizlik durumu da problemin ya da olayların kısmi yani ara değerlere sahip olmasından kaynaklanır.

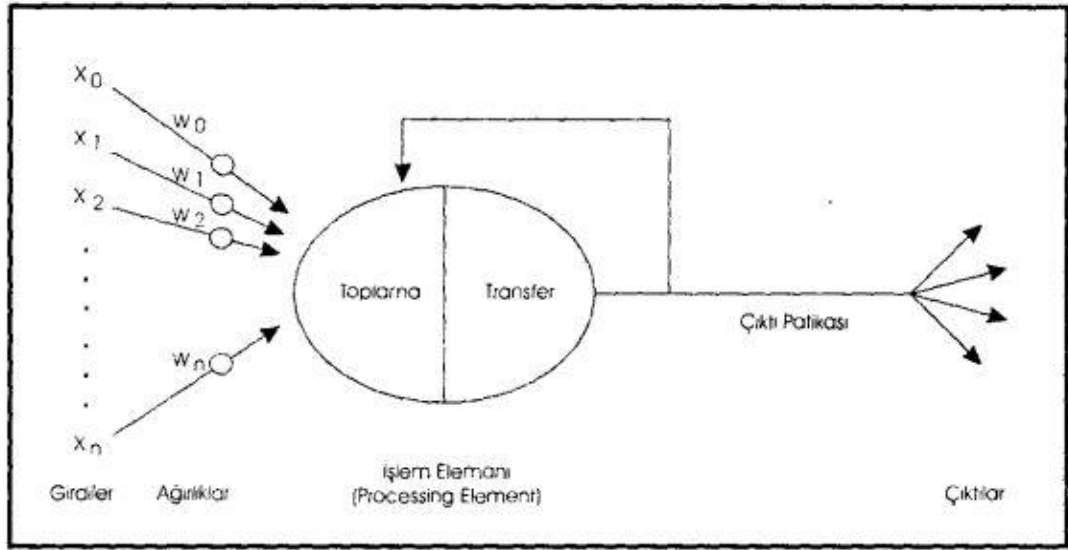
Bulanık küme teorisine dayanan bulanık mantık, insan düşünme sistemine yakın olasılık ve seçenekleri çoklu şekilde ele alır. Klasik mantıktaki ikili değer sistemi, Siyah-Beyaz, Genç- Yaşlı, Uzun- Kısa, yerine Çok Genç- Genç- Orta Yaşlı- Yaşlı- Çok Yaşlı, Siyah- Füme- Gri- Açık Gri- Kırık Beyaz- Beyaz, Uzun-Uzun-Orta-Kısa- Çok Kısa, vb. (Alışkan, 2006) gibi ara değerler bulanık küme de yer alır.

Bulanık teori, sistemler içinde sıklıkla tercih edinilen konumda yer alır. Sebebi; matematiksel modele ihtiyaç duymayan basit yazılım ve insan düşünme sistemine olan benzerliğidir (Bozuyük, Gökçe, Akar ve Yağcı, 2005).

1.4.6. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Network)

İnsan beynindeki biyolojik sinir ağ yapılarını (öğrenme, hatırlama, bilgiler arası ilişki kurma) taklit edilerek öğrenme yoluyla otomatik olarak yeni bilgiler oluşturup keşfedebilen bilgisayar sistemlerinin modellenmesine verilen isimdir (Bayır, 2006).

İnsan biyolojisinde öğrenme faaliyeti, sinir hücreleri arasındaki bağlantılar (sinaps) aracılığı ile gerçekleşir. Bireyin yaşayıp tecrübe ettiği olaylar, yeni sinaptik bağlantılar oluşmasına sebep olur ve böylece öğrenme, girdi-çıktı verilenin izlenmesi ile meydana gelir. Yapay sinir ağlarında da öğrenme işlemi, birbirine bağlanmış nöronların (sinir ağları) matematiksel sistemde transfer fonksiyonlarının algoritmik denklemlerinin sayısal girdi ve çıktıların bilgisayar sistemlerinde kullanılmasıdır (Saatçioğlu ve Özçakar, 2016).



Şekil 11. Biyolojik Sinir Sisteminin Matematiksel Modellemesi (Yurtoğlu, 2005)

Yapay sinir hücresinin bileşenleri (Şekil 2) girdiler, ağırlıklar, toplama (birleştirme), transfer (aktivasyon) fonksiyonu ve çıktılarıdır. Yapay sinir ağ hücrelerinin oluşumu, yapay sinir hücrelerinin katmanlar halinde birleşmesiyle meydana gelir (Atalay ve Çelik, 2017).

Geleneksel hesaplama yöntemleri, karmaşık büyük miktarda veriyi işleyemediğinden cevabı istenen problemlere dair bütün sonuçlarını veremez. Oysa yapay sinir ağları ile çalışan beşinci nesil hesaplama yöntemleriyle donatılmış nöral bilgisayarlar, veri analizini gerçekleştirirken alternatif çözüm yollarını sunmaktadır. İlk nesil hesaplama yöntemi Turing makinesidir ve kablo, anahtardan meydana gelmiştir. İkinci nesil transistörlerin kullanılması, üçüncü nesil manyetik diskli bütünleşmiş devler, dördüncü nesil mikroişlemciler sayesinde hızlı işlem ve verilerin depolanması, beşinci nesil yapay zekâyı içine alarak yüksek hızda çalışabilen sistemlerdir (Bayır, 2006).

Tablo 1. Geleneksel Hesaplama Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları ile Hesaplama Yöntemi (Bayır, 2006)

	Geleneksel Hesaplama	Yapay Sinir Ağları ile Hesaplama
İşlem	Tek, Kurallı, Sıralı	Çoklu, Eş zamanlı, Paralel ve Entegre
Yazılımlama	Dışarıdan programlama	Sürece bağlı kendi kendine programlama
Öğrenme	Algoritmik girişleri yapıldığı takdirde	Sürekli uyumla kendi kendine
Hata Toleransı	Özel yazılımı yapılmadığı takdirde yok	Sinaptik bağlantısı olan nöronlar ile sağlar

1.5. Yapay Zekâ Kullanım Alanları

Yapay Zekâ, akıl yürütme, anlam keşfetme, genelleme yapma ya da geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü yeterlilikler ile donatılmış sistemleri geliştirme projelerinde uygulanır. (Copeland, 2022).

Fabrikalarda üretim denetlemesinde ve maliyet hesaplamasında, süpermarket, restoran, depo sahaları ve akıllı mağazalar gibi pek çok sahada yapay zekâ sistemleri kullanılmaktadır.

Endüstriyel üretim maliyet planlaması yapan bir halı dokuma fabrikası yapay zekâ teknolojilerini kullanarak gelecek dönemlerdeki maliyet tahminlerini yapabilir. Bunun için geçmiş yıllardaki üretime etki eden iplik, ilmek ve keski teli, alt ve üst dolgu malzemesi ve bıçak maliyetlerini hesaba katmalıdır. Geçmiş yıllardaki tüm bu değişkenlerdeki veriler ile sonraki yıllardaki maliyet hesap tahmini yapay sinir ağ teknolojilerinden yararlanarak yapılabilir.

Fabrikalarda üretimi yapılan ürünlerin kalite kontrolleri yapay zeka sistemleri ile gerçekleştirilebilir. Bu uygulamada: tasarımı yapılan ürünün üretim bandından hatalı olarak çıktığı sensörler ile belirlenerek bilgisayar sistemleri ile kullanıcıya durum bildirilir. Yine aynı yöntem ile makinelerde arıza tespiti yapılabilir. Makine öğrenmesi

esaslı çalışan bu teknik ekipmanlar karşılaştıkları sorunları veri kümesinde yer alan bir bilgi ile eşleştirebiliyorsa kullanıcısına uyarı verebilmektedir.

Süpermarket, restoran ve kahve dükkânları kameralar ile ses ve yüz tanıma sensörlerini kullanarak müşteri hakkında veri elde etmektedir. Bu veriler ile müşterinin mağazaya girerken hangi ürüne yöneldiği, hangi ürünü aldıktan sonra bir diğerine doğru harekete geçtiği ya da mağaza içi uyarıcılardan etkilenip o ürünü satın almak isteyip istemeyeceği verileri ile makine öğrenmesi sonraki süreçlerde kullanabilmek için yeni algoritmaları oluşturabilecektir.

Akıllı giyim mağaza sistemlerinde yapay zekâ teknolojileri, sensörlerden ve akıllı cihaz uygulamalarından elde ettiği veriler ile müşterilerine talep ettiği ürünlerin muadillerini önerebildiği gibi gelecek dönemlerdeki satış tahminlerini kullanıcısına sunabilir.

Sağlık sektöründe down sendromlu bebeklerin zekâ seviyelerini ölçmede, kanserli hücrelerin tespitinde (özellikle meme kanseri teşhisi), psikiyatride anksiyete ve depresyon teşhisinde, hastaya uygun ilaç seçiminde ve hastalara ilişkin bilgilerin elektronik kayıtlarının alınarak büyük veri elde etmek için yapay zekâ teknolojileri kullanılır.

Tez çalışması içerisinde yukarıda bahsi geçen uygulama sahalarından akıllı mağaza ve süpermarket örnekleri ayrıntılı şekilde incelenmiştir.

BÖLÜM II

2. Yapay Zekâ Sistemlerinin Teorik ve Teknolojik Kavramları

Yapay zekâ, deneyim ile elde ettiği verileri makine öğrenmesi sayesinde işler ve her yeni veri ile uyumladığı bilgileri insan zihnini taklit eden sistemin kurulabilmesinde kullanır.

Yapay zekâ teknolojik kavramları ile yapay zekâ sistemlerinde kullanılacak olan veriler elde edilmektedir. Bu veriler ışığında uygulamaya konulacak akıllı sistemler için gerekli olan büyük veri, makine öğrenmesi ile bilgi talep edenlere uygun yanıtları verebilecek düzeyde sunulur.

Satranç oynayan bilgisayarda, kendi kendine hareket eden robotlarda, doktorun hastalık teşhisi ve kişiselleştirilmiş ilaç önerisinde, davranış analizi yapan bilgisayar programları ile siber güvenlik, sürücüsüz otonom araçlarda, akıllı telefonlarda ekran kilidini açmak için yüz algılama ve tanıma, el yazısı ya da ses tanıma teknolojilerinden yararlanan bankalarda ve gelişmiş müşteri deneyimi sunmak isteyen akıllı mağazalarda yapay zekâ teknolojileri kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında beş yapay zekâ uygulama örneği incelenmiştir. Bir süpermarket ve dört akıllı giysi mağaza örneklerinde kullanılan teknolojileri anlamlandırabilmek için aşağıda bahsi geçen kavramları bilmenin gerekli olacağını düşündük.

2.2. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

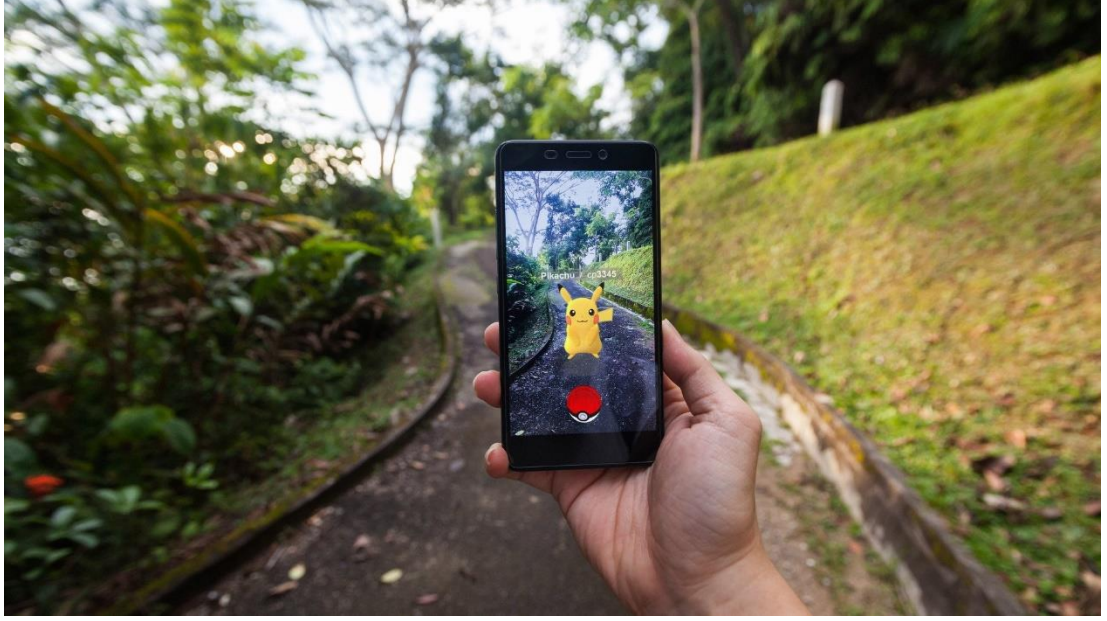
Teorik bir kurgu olmaksızın somut ve nesnel olarak şu an var olan, suni ve imgesel olmayan (İpek, 2020), duyu organlarıyla algılanabilen şeylere gerçek, fark edilen gerçekliğin zihinde bilgi halini alması ise gerçeklik olarak tanımlandırılır.

Arttırılmış gerçeklik bilgisayar tabanlı üretilen ses, görüntü, animasyon, hologram gibi dijital elementler yolu ile gerçek zamanlı dünya hissini veren teknolojiye verilen isimdir.

Arttırılmış gerçekliğin entegre edildiği cihazlar (tablet, akıllı saat, akıllı cep telefonu, kioks vb.) internet erişiminin olduğu ortamlarda sanal nesnelerin gerçek görüntülerini kullanıcısına sunar. Bu teknoloji ile tasarlanan afiş, bilbord ve animasyonlar, firmaların pazarlama stratejilerinde reklam materyallerini oluşturmada, cerrahi operasyon yapacak tıp öğrencilerinin eğitimlerinde, sosyal medya uygulamalarında yer alan filtrelerde, oyun ve videolarda yer alan karakter ve ortamların görüntüsünün oluşturulmasında, akıllı giyim mağazalarında müşterinin kıyafeti giyinmeden üzerinde görebilmesi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.



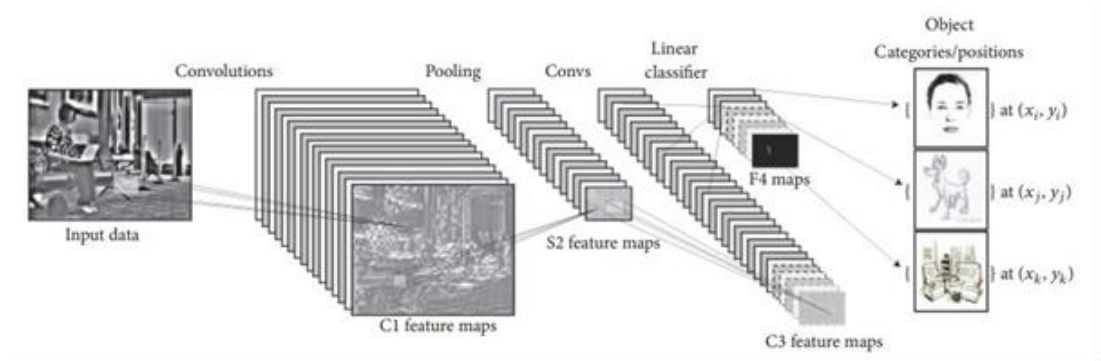
Görsel 26. Eğitimde arttırılmış gerçeklik uygulaması örneği (<https://educathub.com/egitim-ve-ogretimde-artirilmis-gerceklik-olgularinin-kullanimi/>)



Görsel 27. Arttırılmış gerçeklik teknolojisini kullanarak geliştirilmiş Pokemon Go oyunu (<https://webrazzi.com/2020/11/29/artirilmis-gerceklik-uygulamalari-sehirlerin-3-boyutlu-sanal-kopyalari/>)

2.3. Bilgisayar Görüsü (Computer Vision)

Yapay sinir ağ teknolojisiyle çalışan bilgisayarların insan zihninin görme üzerine sahip olduğu yetenekleri makinelerle uyarlamaya çalışan sisteme verilen isimdir. Basit sinyal süreç ünitelerinden oluşan bu sistemde, her katman (bilgisayar sistemlerinde verinin saklı olduğu birim) sinyal takibi ile kendinden sonra gelecek olan yeni bir katmanı oluşturur ve binlerce katmanın üst üste binmesi sonucunda görüntü elde edilir (Hayes, 2015).



Şekil 12. Bilgisayarla Görüsü işlemi için CNN mimarisi (Voulodimos, Doulamis, Doulamis ve Protopapadakis, 2018)

Derin öğrenme yazılım modüllerinden olan Convolutional Neural Networks (CNN) (Evrışimli Sinir Ağları) algoritması, (i) evrişimsel katmanlar, (ii) havuzlama katmanları ve (iii) tamamen bağlantılı katmanlar olmak üzere üç ana türde nöral katmanı içerir. Her katman görüntünün elde edilmesinde farklı süreçleri izler. (Şekil 7), bilgisayarlı görü ile nesne algılama sistemi için bir CNN mimari örneği verilmiştir. İlk aşama, evrişim katmanı, giriş verisinin (*Input Data*) işleme girdiği ve görüntünün temel özelliklerinin anlaşıldığı; birbiriyle ilişkili katmanların farklı özellikteki haritalarını çıkarır. İkinci Havuzlama (*Pooling*) katmanı, bir sonraki evrişim katmanı için C1 girdi hacminin genişlik ve yükseklik boyutlarının azalması esasına dayanır. Boyut küçültme sonraki katmanlar için hesaplama yükünü azaltır ve hesaplama sayısını azaltmak için kullanılır. Son aşama da ise tamamen bağlantılı katman (*Fully Connected Layers*) ise önceki tüm aktivasyonlar ile ilişkisi olan klasik sinir ağı yapısına ait akıl yürütmeye dayanarak görüntüyü sisteme kategorize ederek aktarır (Voulodimos, Doulamis, Doulamis ve Protopapadakis, 2018).

CNN, nesne algılama, yüz tanıma, röntgen, güvenlik hizmetleri, robotik kodlama ve otonom araçlar gibi bilgisayar teknolojileri ile donatılmış görme sistemlerinin yer aldığı işlem sahalarında kullanılmaktadır.

2.4. Veri Bilimi (Data Science)

Belirli bir amaca yönelik işlenmiş ya da işlenmemiş verilerden anlamlı bilgi veya öngörüler elde etmek için matematik, istatistik, bilgisayar bilimi ve bilgi bilimi gibi teknik, teorik yöntemleri kullanan çok disiplinli alana verilen isimdir.

Veri kavramı ile kastedilen, işlenmemiş gerçek ve dar alandaki bilgi parçasıdır. Veri ölçüm, sayım, deney, gözlem, araştırma veya tartışma yolu ile elde edilir. Ancak veri tek başına bir anlam ifade etmez. Bilginin oluşması için öncelikle birden çok verinin toplanması gerekir. Ardından elde edilen veriler manuel olarak ya da bilgisayar ortamında gruplama, sıralama ve özetleme işlemlerine tabi tutulur. Bu sürecin sonunda kullanıcının verilere ilişkin konuda karar verebilme ve problem çözebilmesi mümkün hale gelir. Veri bilimi veriyi toplar, ayrıştırır, analiz eder ve istenen sonuçlara

ulaşılmasını sağlar. Bu süreç sorunun tanımlanması, verilerin bulunması, ayrıştırılması, kontrolü, istatistiksel modellemesi, sonuç ve karar şeklinde sıralanabilir.

2.4.1. Büyük Veri (Big Data)

Veri kaynaklarından gelen, çeşitlilik içeren karmaşık haldeki büyük hacimli veri kümesine verilen isimdir.

Büyük veri beş bileşenden oluşur. Bunlar: çeşitlilik (*variety*), hız (*velocity*), büyüklük-hacim (*volume*), tetkik- doğrulama (*verification*) ve değer (*value*) (5V) şeklinde sıralanır. İngilizce isimlerinin baş harfleri ile “5V” olarak kavramsallaştırılmıştır. Çeşitlilik, içerisinde depolanan yapılandırılmamış, yapılandırılmış ya da yarı yapılandırılmış verileri barındırdığı için bu isim ile anılmaktadır. Yapılandırılmamış yani sürekli olarak değişen (internet siteleri, gerçek zamanlı işleyen sensörler, sosyal medya, video- ses kayıtları, dokümanlar ve kaydı yapılan her türlü yeni veri) veriler büyük verinin yalnızca yüzde yirmilik bir kısmını oluşturmaktadır. Yüzde sekseni ise yapılandırılmış (işlenmiş, kullanılmaya hazır haldeki veri) ya da yarı yapılandırılmış (yapılandırılmamış veriler ışığında yapılandırılmış hale getirilmek için veri tabanında bekleyen veri kümesi) şekilde sistem içerisinde yer alır (Dulger, 2016). Hız, büyük veri analizinin yapılabilmesi için gerekli olan işlem hızını tanımlamada kullanılan kavramdır. Hacim, çeşitlilik içeren büyük verinin depolandığı yani onun kapladığı yeri ifade eden bileşendir. Doğrulama, saklanan verilerin güvenilir olup olmadığının tetkik edildiği kısımdır. Değer, elde edilmiş olan büyük verinin firma, kurum ya da kullanıcı tarafından bir anlam ifade ederek artı değer katması beklenir. Gün içerisinde sürekli kayıt yapan bir kameradaki video kaydı büyük veriyi oluştururken, kullanıcının talep ettiği birkaç saniyelik görüntü artı değeri verecektir (Dulger, 2016). Bu nedenle karar verme sürecinde büyük verideki işlem hızı önem arz etmektedir.

Bilimsel çalışmalar ya da analizler, sensörlerden elde edilen ham veriler (görsel, ses ya da hareket sensörlerinden elde edilen işlenmemiş veri), e ticaret site verileri (hangi ürünün ne kadar tıkladığı, o ürüne kadar süre bakıldığı, satış rakamları, iade edilen ürün bilgileri, müşteri profilleri gibi veriler), tıbbi kayıtlar (hastaların tahlil sonuçları,

ilaç içerikleri, hastalık semptomları vb. veriler) video ve fotoğraf kayıtları büyük veriyi oluşturan kaynaklardan bazılarıdır.

2.4.2. Veri Madenciliği (Data Mining)

Büyük miktarda verinin incelenip istenen verinin ortaya çıkarılmasına verilen isimdir. Veri madenciliği sürecinde izlenen adımlar: problemin tanımlanması, verilerin hazırlanması, modelin kurulup değerlendirilmesi ve sunulması şeklinde sıralanır.

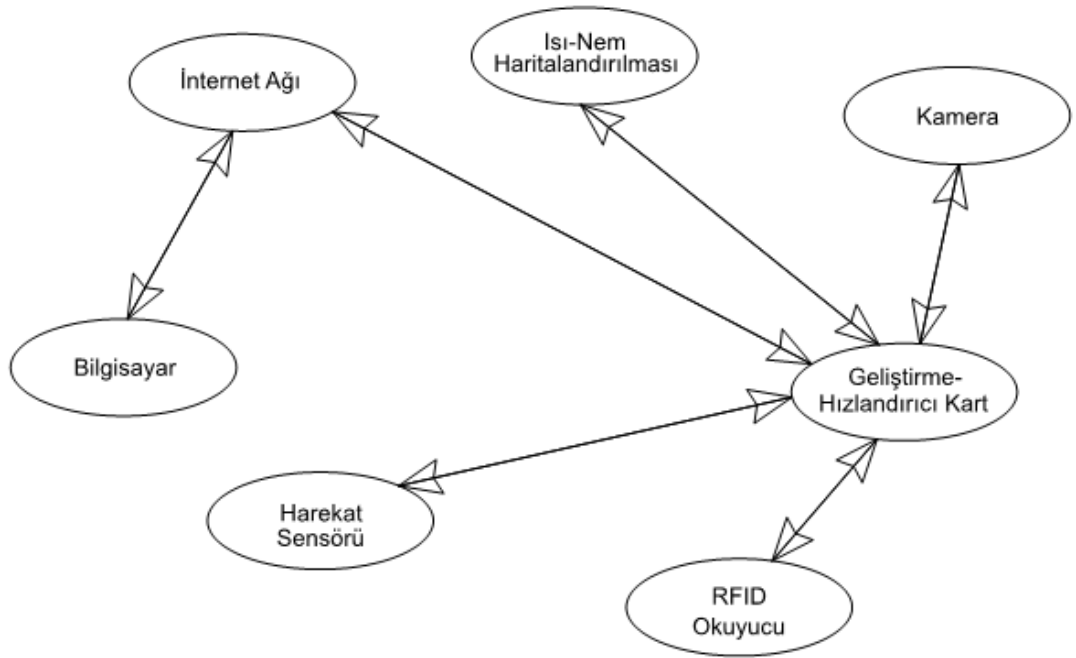
Dijital ortamda saklanan büyük verideki veri yığını tek başına bir anlam ifade etmez. Belirli bir amaç doğrultusunda sorulan sorulara cevap olacak problem tespit edilerek sistematik analizi yapılır. Büyük veriden cevap olabilecek veriler seçilir ve anlamlandırma süreci başlar. Sürecin tamamlanması ile uygun olan algoritma (model) yapılandırılır ve sonuç soruyu soran kullanıcıya iletilir. Yukarıdaki açıklama ile ilişkili olarak, öğrencilerinin performans çizelgelerini oluşturmak isteyen bir okul veri madenciliği yöntemini kullanıp okula devam edip mezun olacak ve okulu bırakma ihtimali olan öğrencileri tespit edebilir. Bunun için okulun e- öğrenme modülüne tanımlanan geçmiş dönemlerde mezun olmuş ve mevcut okula devam eden öğrencilerin davranış verilerine ihtiyaç vardır. Bu veriler ile akademik başarısızlık nedenleri saptanarak akademik durumlarını belirleyecek model geliştirilir. Modelde, e öğrenme modülüne daha çok giren öğrencilerin mezun olduğu sisteme daha az girenlerin ise okula devam etmediği sonucu elde edilebilir (Özbay, 2015).



Şekil 13. Veri madenciliğinin ilişkili olduğu saha ve disiplinler (Şema çizimi: Karabuğa Hatipoğlu, 2022)

2.5. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

Web tabanlı çalışan fiziksel aletlerin birbiri arasında gerçekleşen ya da bu aletler ile verileri toplayıp analiz eden sistemlerin iletişim teknolojileri arasında kurulan ağa verilen isimdir. Bu sistemde küçük çaptaki hareket sensörü ya da kamera gibi aletlerin internet teknolojisi altyapısı aracılığı ile topladığı veriler Kablosuz Bağlantı Alanı (Wi-Fi) ve Bluetooth gibi ağ araçları ile geniş hacimli veri kümelerine gönderilerek büyük veri elde edilir.



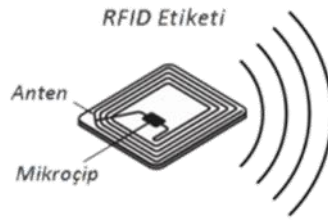
Şekil 14. IOT sistem şeması (Şema Çizimi: Karabuğa Hatipoğlu, 2022)

Nesnelerin İnterneti, izleme takip cihazları ve sensörler ile endüstride, tarımda, akıllı ev otomasyon sistemlerinde, güvenlikte, sağlık ve ulaşım alanlarında kullanılmaktadır.

2.6. Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi (Radio Frequency Identification - RFID)

Elektromanyetik radyo dalgalarıyla nesnelere bütünleşmiş etiketleri otomatik olarak okuyan ve izleyen sisteme verilen isimdir. RFID etikete sahip her türlü nesneden daha önceden belirlenmiş olan uzaklık mesafesi boyunca temas olmaksızın veri elde edilebilir.

Radyo Frekans etiketleri üç temel parçadan meydana gelir: Mikroçip (yonga), anten ve kaplama. Mikroçip, etiketin üzerine yerleştirildiği nesne hakkında bilgi içerir. Anten, radyo frekans dalgalarını kullanarak çip içerisindeki bilgiyi okuyucuya ulaştırır. Kaplama ise etiketin nesne üzerine yerleştirebilmesi için anten ve mikroçipi çevreleyen iç içe geçmiş kareler şeklinde görünmektedir.



Şekil 15. RFID etiket görseli (<https://bembilgisayar.com/rfid/>, Erişim: 29.06.2022)

Kullanım alanı ve maliyetine göre sınıflanabilecek iki ana etiket türü bulunmaktadır. Bunlardan ilki maliyet hacmi dar olan radyo frekanslarından güç alarak sınırlı bellek kapasitesi ve mesafede çalışan pasif etiket; ikincisi ise maliyet hacmi büyük, pil ile çalışan, bakım gerektiren, geniş bellek kapasitesi ve uzun mesafelerde de okuyucuya bilgi sayılabilen aktif etikettir.

RFID etiketleri fiziksel paraların takibinin yapılmasında, mağazalarda satışa konulan ürünlerin veri eldesinde, nem oranını ölçmek için bitkilere uygulanabildiği gibi yer takibinin yapılması istenen evcil hayvanlara ve tansiyon, kan şekerinin aktif ölçümü için insan bedenlerine de yerleştirilebilen bir teknolojidir.

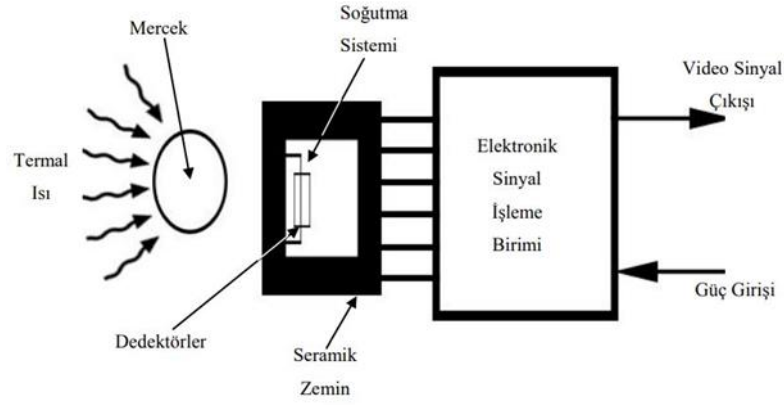
2.7. Kamere Sistemleri

Kamera Sistemleri, belirli bir amaca yönelik olarak birden fazla kameranın görüntü ya da hem görüntü hem de ses elde etmek için bir araya getirilmesine verilen isimdir. 360 derece kamera, animasyon kamera, akustik kamera, termal kamera ve köprü kamera gibi pek çok kamera türü bulunmaktadır. Ancak yapay zekâ sistemlerinde özellikle de tez bağlamında ele alınan mağaza örneklerinde kullanılan termal ve balıkgözü kamera türleri aşağıda açıklanmıştır.

2.7.1. Termografi, Termal Kamera

Kızılötesi görüntülemenin çeşitlerinden biridir. Canlı ya da cansız tüm cisimlerin kızılötesi dalga spektrumları (Çalışan, 2013) ile sıcaklık haritalarını uzaktan algılayabilen bu kamera sistemi, konvansiyonel kameralardan farklı olarak görülebilir ışık kaynağına ihtiyaç duymadan -50° ile $+2000^{\circ}$ arasında sıcaklığa sahip nesnelerin ısı düzeyi renk haritasını çıkarabilir.

Termal kamera görüntüyü elde ederken insan gözü ile görülemeyen ısı enerjisini temel aldığından farklı dalga boylarına sahip nesnelerin görüntüsünü kızılötesi elektromanyetik ışıma çevirir ve ısı enerjisinin sıcaklığına göre renk ve şekilleri ekrana yansıtır (Çalışan ve Türkoğlu, 2013). Kameranın merceğinden geçen görüntü iki boyutlu olarak elde edilir. Sonraki aşamada dedektör farklılıkları giderilir ve sinyal işleme merkezine aktarılır. Burada histogram haritası çıkarılarak fotoğraf veya video görüntüsü elde edilir. Ancak termal kameralar ile elde edilen görüntüler gri tonlarında ve bulanık yapıya sahiptir. Bu sebep ile kenar bulma, görüntü filtreleme, histogram kullanımı ve görüntü renklendirici gibi uygulamalar da ayrıca sürece dâhil edilir. (Çalışan, 2013).



Şekil 16. Termal kamera şematik çalışma prensibi görseli (Çalışan ve Türkoğlu, 2013)

Tıbbi uygulamalarda, savunma sanayisinde, fabrikalarda işlem denetlemede, güvenlik hizmetlerinde, yapı faaliyetleri gibi birbirinden farklı disiplinlerde termal kamera sistemlerinin kullanımı yaygındır. Termal kameralar canlıların vücutlarından yaydığı ısı enerjisiyle onların yerini tespit edip hareketlerini takip edebildiği için yapay zekâ ile çalışan mağazalarda da bu kamera sistemi kullanılmaktadır. İçeriye giriş çıkışlardaki insan sayısının belirlenmesinde, müşteri hareketleri ve onların yöneldikleri ilk ürünlerin tespitinde, seçtikleri hangi üründe vücut ısılarının duygu durumuna bağlı olarak artıp azalması ya da yüz ifadelerinin aldığı şekil gibi verilerin elde edilmesini sağlar.

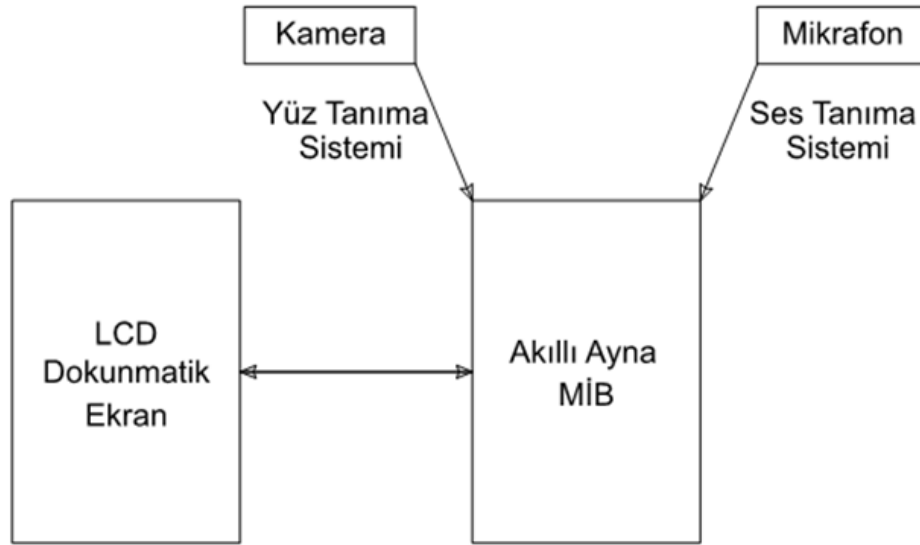
2.7.2. Balık Gözü veya Geniş Açılı Kameralar

Geniş açıyla ortam görüntülemeye kullanılan kameraların iki çeşidi vardır: Balıkgözü lensli kameralar ve çok-geniş-açılı kameralar. Balıkgözü lensler, 180 derece görüş açısına sahip merceklerdir (Alkış ve Şahin, 2010: 752). Çok-geniş-açılı kameralar ise yalnızca geniş açıyla video kaydı alabilen, bulunduğu tüm ortamın görselini 360 derece ile görüntüleyebilen nitelikteki kameralardır. Geniş açılıya sahip kamera küçük bir odada görüntü alırken alan derinliği ile arka plan ve önünün birbirinden ayırt edilebildiği gibi büyük bir odada da görüntüyü sıkıştırmadan elde edebilirken; balık gözü kamera küçük odalarda görüntü almak için elverişli olmadığı gibi bombeli

lensinden dolayı görüntüyü elde ederken sıkıştırma yapar ve görüntünün eğimli olmasını sağlar.

2.8. Akıllı Ayna (Smart Mirror- Virtual Mirror)

Akıllı ayna, bireylerin kişiselleştirilmiş hizmetlere ulaşımını kolaylaştıran akıllı çevre girişiminin parçası olan bir mekanizmadır. Dokunmatik ekran sistemiyle çalışan bu cihazın yazılımı, genel ve kişisel taleplere uygun şekilde kurgulanmaya uygundur. Akıllı aynalar, konuşmadaki sesi tanıma-analiz edebilme için mikrofonu, farklı yüzleri fark edip ayırt edebilmek için kamerayı, görüntünün yansıdığı ve komutların dokunmatik olarak verildiği LCD (*Liquid Crystal Display*) ayna ve internet ağ bağlantısı ile çalışmaktadır. (Sethukkarasi, C., Harikrishnan, V. S., & PalAmutha, K., 2016).



Şekil 17. Akıllı ayna şematik görüntüsü (Şekil çizimi: Karabuğa, Hatipoğlu, 2022)

Akıllı Aynalar (i) ev ortamında kullanılan kişiselleştirilmiş aynalar ve (ii) bir mağaza içerisinde çoklu kullanıcıya hitap eden aynalar olarak iki türde ele alınabilir. Ev ortamında kullanılanlar kullanıcı kimlik bilgilerine dayanarak ses ve yüz tanıma tabanlı bir sistem ile çalışır. Bu türde, tanımlanmış kullanıcıların erişim izni olan uygulamalara girişine izin verilir. Her kullanıcı kendine ait bir ara yüze ve işlem

verilerinin saklandığı bir veri tabanı sistemine sahiptir (Hossain, Atrey ve El- Saddik, 2007).

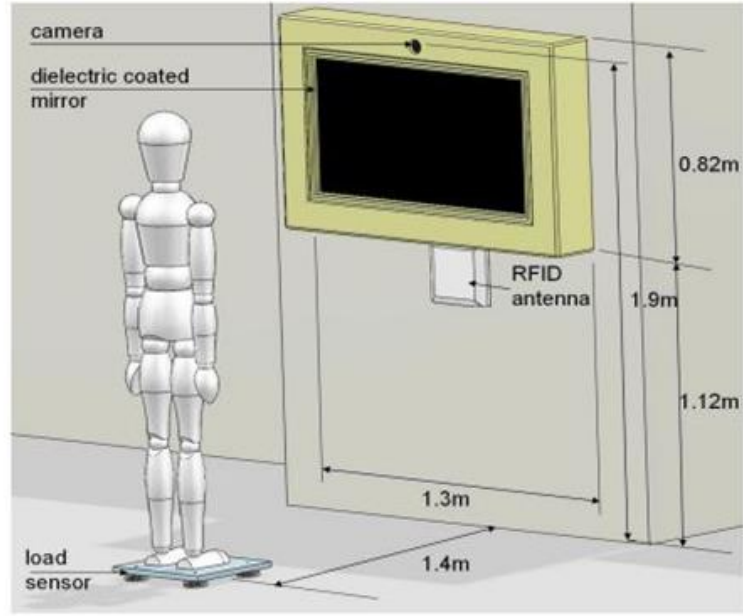
Mesela banyoda dişlerini fırçalayan bir çocuk karşısındaki aynada çizgi film izleyebilirken, dışarı çıkmak için hazırlanan ebeveyn hava durumunu kontrol edebilir, trafik yoğunluğuna bakabilir ya da diğer akıllı ev sistemleriyle entegrasyonun sağlandığı makinelere komut verebilir.

Ses ve yüz tanıma sistemi sayesinde insan davranışlarını analiz edebilen bu aynalar, kullanıcıya davranışsal verilerini sakladığı alandan görsel ve işitsel geri bildirimler sunarak mevcut ruh haline ilişkin yorumlar yapabilir, onun motivasyonunu arttıracak sevdiği şarkıları çalabilir ya da kendini iyi hissetmesi için önerilerde bulunabilir. (Alboaneen, D. A., Alsaffar D., Alateeq A., vd., 2020).

Çoklu kullanıcıya hitap eden giysi mağazasında yer alan akıllı aynalar kullanıcılarının doğru kıyafeti seçebilmelerine yardımcı olabilmek için bulanık mantık kuralları ile işleyen sistemde veri tabanında yer alan kıyafet ve aksesuarları talep eden kişinin ten rengi ve vücut yapısına uygun şekilde bulup sunar. (Sethukkarasi, C., Harikrishnan, V.S., & PalAmutha, K., 2016).

Giysi mağazasında yer alan akıllı ayna, elektrik teçhizatının yer aldığı normal bir aynanın arkasına yerleştirilmiş bir LCD ekran, bir kamera, bir ağırlık ölçüm platformu ve bir RFID okuyucudan oluşur. Akıllı ayna tasarlanırken, LCD ekranın üzerine yalıtkan sabitiyle kaplanmış bir ayna yerleştirilir ve bu tasarım o aynanın iki farklı şekilde kullanılabilmesini sağlar. İlki, LCD ekranın kapalı olduğu normal yansıtıcı ayna; ikincisi ise LCD ekranın açık olduğu etkileşimli akıllı ayna modudur.

Aynanın önündeki kişi ya da cisimleri görüntüleyebilmek için bir web kamerası kullanılmalıdır. Aynanın önüne, kişinin ağırlığını ölçmek için dört adet yük sensörü kullanılarak tasarlanmış bir tartı platformu yerleştirilir. RFID okuyucu ve anteni giysilere yerleştirilen etiketlerin tanımlanması için bilgisayar sistemine bağlanır. (Sethukkarasi, C., Harikrishnan, V. S., & PalAmutha, K., 2016).



Görsel 28. Akıllı ayna tasarımı (Sethukkarasi, Harikrishnan ve PalAmutha, 2016)

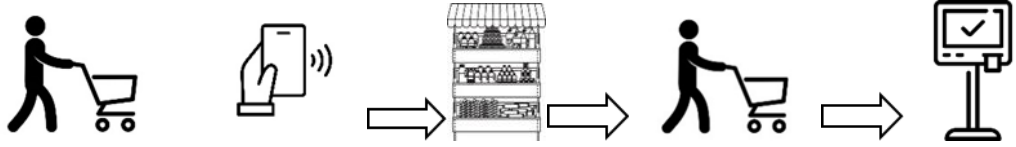
2.9. Ödeme Sistemleri

Ödeme sistemi, satıcı ve alıcı arasında mali değeri olan ürünlerin parasal olarak karşılığının verilmesi olarak tanımlanabilir. Ödeme sistemleri ise, fiziksel para olsun ya da olmasın o ürünün satın alma işleminin gerçekleşmesidir. Fiziksel paranın yer olmadığı durumlarda kredi kartı, banka kartı, sanal kart ya da mobil uygulamalardaki cüzdanlara transfer edilen paralar ile ödeme gerçekleştirilebilir. Akıllı mağazalarda kullanılan yapay zekâ teknolojilerini konu alan bu tezde, ödeme sistem türlerinden olan kendi kendine ödeme ve akıllı ödeme sistemleri tanıtılmıştır.

2.9.1. Kendi Kendine Ödeme (Self Checkouts)

Bir mağazada müşterinin satın alma işlemini, geleneksel personel desteği olmadan tamamlamasını sağlayan makinelere verilen isimdir. Müşteriler satın alacağı ürünün üzerindeki etiketi sensör yardımıyla alışveriş mekanizmasına okutarak hızlı ve güvenilir bir şekilde alışverişlerini tamamlayabilirler. Perakende sektöründe her geçen gün daha çok yayılan bu sistem, konaklama, hastane ve depo sahalarında da kullanılmaktadır.

Sistem, nesnelere yerleştirilen RFID etiketleri okuyabilen makineler ile çalışır. Bu makineler, sensörleri ya da tarayıcıları ile ürünün kimliğine, stok durumuna, raf ömrüne, indirimine ve seri numarası gibi bilgilerine erişimi sağlayabilir. (Maulana, F., Nixon, Putra, R. P. and Hanafiah N., 2021). Kendi kendine ödeme sistemi mağazaların mobil uygulamalarına da uyarlanabilir. Doğrudan uygulama ile bağlantılı olan RFID okuyucuyla ürünlerin üzerinde yer alan etiketler okutulup sanal alışveriş sepetine eklenir. (Maulana, F., Nixon, Putra, R. P. and Hanafiah N., 2021). Makine öğrenmesi ve veri madenciliği sistemleri, alışveriş aşamasındaki kullanıcıya onun tercihleriyle doğru orantılı olacak öneriler de sunar.



Şekil 18. İnsan ve diğer canlı (Şekil çizimi: Karabuğa, Hatipoğlu, 2022)

2.9.2. Akıllı Ödeme (Checkout Free System)

Nakit para, kredi kartı gibi ödeme yöntemleri kullanmadan satın alma işleminin gerçekleştirilebildiği sisteme verilen isimdir. Bu sisteme sahip olan mağazalarda bilgisayarlı görüntünün çekirdeği olan derin öğrenme ile nesnenin görüntüsü algılanır, sınıflandırılır ve kategorize edilir. Akıllı ödeme sistemi, görüntünün tüm bağlam bilgilerini kodlar ve görüntü piksellerinden ait olduğu sınıf olasılıklarını eleterek hangi kategoride yer aldığını bulur. (Wu, B., Tseng, W., Chen Y. Yao, S. vd., 2016). Tespiti yapılan ürün diğer benzerleri ile kıyaslanarak doğru eşleştirmesi yapılır. Ve o ürünün özellikleri ve fiyatı gibi veriler talep edene sunulur.



Görsel 29.



Görsel 30.



Görsel 31.



Görsel 32.

Görsel 29’da etiketsiz ve logosu olmayan bir ürün, Görsel 30’ da logosu olan iki ürün, Görsel 31’de logosu olan iki ürün ve logosu olmayan bir ürün, Görsel 32’de farklı özelliklerde etiketli ve logolu dört ürün bulunmaktadır. Veri tabanı içerisinde kayıtlı ve daha önce kategorize edilmiş olan logolu ürünler markalarına ve ürün ambalajlarına göre fiyatlandırılır. Etiketli ve logosu olmayan ürünlerde ise nesnenin görüntü piksellerinden ait olduğu kategoriye dair fiyat bilgisi belirlenir. (Wu, B., Tseng, W., Chen Y. Yao, S. vd., 2016). Bu sistemde ürün sayısı arttıkça hesaplamadaki hız oranı da doğru orantılı olarak azalmaktadır. Görsellerdeki örnekler çerçevesinde makine bir ürünün fiyatı için 64.09 milisaniye, iki ürün için 69.55 milisaniye, üç ürün için 69.34 milisaniye ve dört ürün için 75.57 milisaniye harcar. (Wu, B., Tseng, W., Chen Y. Yao, S. vd., 2016).

2.10. Sensör Sistemleri

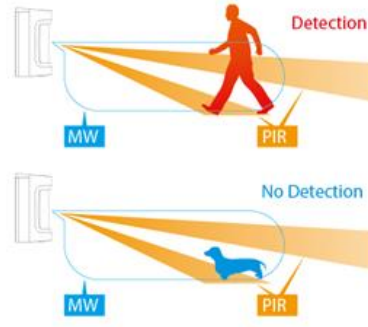
Sensör sözcüğü hissetmek anlamına gelen İngilizce ‘to sense’ kelimesinden dilimize algılayıcı ya da duyarga manası ile geçmiştir. Algılayıcı, dışarıdan harici olarak gelen ısı, ışık, elektrik, ses ve nem gibi fiziksel ya da kimyasal tepkilerin ölçümünü yapılabilen sinyallere dönüşmesini sağlayan sisteme verilen isimdir. (Fadıloğlu Işık, 2013). İnsanların duyu organları ile algıladığı durumları makineler sensör sistemleri ile tanımlar.

2.10.1. Hareket Sensörü (Algılayıcı)

Hareket sensörleri (2,4 GHz ISM bandında), insan başta olmak üzere hareketli tüm nesneleri algılayabilen elektrik ya da pil ile çalışan sensörlere verilen isimdir. Bu sensör türü, yerine getirmek ile yükümlü olduğu işlemi rutin olarak tekrarlar (mesela, 15 dakikada bir yerleştirildiği sahada hareketin olup olmadığını kontrol etmesi gibi) ya da anlık olarak algıladığı hareketleri kullanıcıya bildirir.

Yüksek hızla çalışan hareket sensörleri (5,8 GHz ISM bandında), radar sensör (uzun menzil ile çalışan hareket sensörü) tipinde hassas işlem yapabilen sistemlerdir. Bu cihazlar yatay ve dikey tüm hareketleri algılayabildiği gibi cam duvar, alçıpan, ahşap ve kompozit malzemelerin arkasındaki hareketleri de algılayabilir. Hareketli tüm nesneleri algılayabilen bu sistem insan ya da diğer canlı-cansız hareketli nesneler arasındaki ayrımı eşik değer referansı ile algılar.

Hareket sensörünün menzil uzunluğu maliyetini arttırmaktadır. Genel olarak kısa menzilli hareket sensörlerinin kullanımın yaygındır. Firma ve kamu binalarında otomatik olarak açılan kapı sistemlerinde, merdiven, okul koridoru gibi sürekli ışık gereksinimi olmayan sahaları aydınlatmada ve eve gelen birinin hareketinin algılanarak otomatik bir şekilde zilin çalmasını sağlayacak şekillerde kullanılabilir.



Şekil 19. İnsan ve diğer canlı için belirlenen algılama eşik değeri farklılığı (Optex Sensing Innovation, 2022)

2.10.2. Akıllı Raf Sensörü

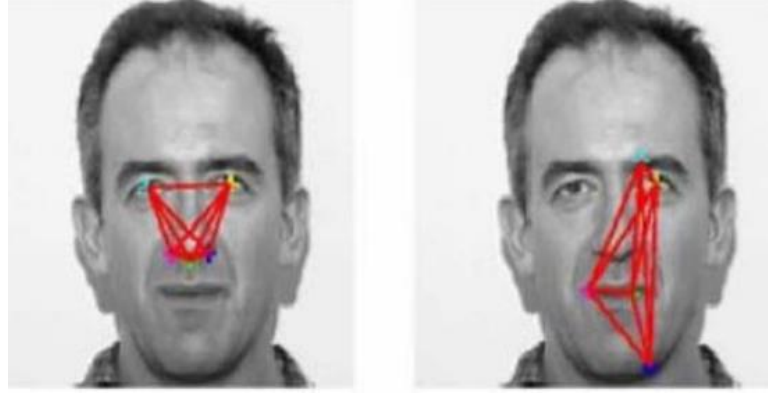
Bu sistem, mağazalarda ürünlerin yerleştirileceği rafların içine gömülmüş ağırlık duyarlı tabanlıklardan oluşur. Raftan alınan her üründe ağırlık azalacak ve sinyal bağlı olduğu elektronik sisteme iletilecektir (Gülşen ve Özdemir, 2018). Ürünlerin sistemde kayıtlı olan spesifik ağırlık verileri sayesinde hangi ürünün raftan alındığı tespit edilebilir. Bu durum kullanıcının alışveriş listesini güncellemede kullanılabilir. Bunun yanında akıllı mağaza içerisindeki ürün stok takibi, en çok tercih edilen ürünler, akıllı ödeme, veri tabanı oluşturma gibi verilerin sistem tarafından kullanılmasına veya yorumlanmasına imkân sağlar.

2.11. Biyometrik Sistemler

Biyometrik sistemler, insanların birbirinden ayırt edilebilecek fiziksel ve davranışsal özellik verilerini inceleyen ve onlardan anlamlı sonuçlar çıkaran teknolojilere verilen isimdir. Bu sistemler fiziksel ve davranışsal olmak üzere iki grupta ele alınır. Fiziksel sistem, avuç içi, parmak izi ve retina gibi sadece bir kişiye ait olabilecek verileri toplarken; davranışsal sistemler ses, el yazısı ve imza gibi farklı kişiler ile benzerlik gösterebilecek verileri toplar (Yalçın ve Gürbüz, 2015). Bu çalışmada yapay zeka ile çalışan akıllı mağazalarda sıklıkla kullanılan yüz tanıma, ses tanıma ve el geometrisi tanıma sistemleri açıklanacaktır.

2.11.1. Yüz Tanıma Sistemi (Facial Recognition)

Yüz tanıma, bir kişinin karakteristik olarak sahip olduğu kaş, göz, burun, dudak, çene şeklinin belirlenmesi ve tüm bu uzuvlar arasındaki mesafenin hesaplanması yöntemine dayanarak çalışır. Yüzde yer alan organlar arasındaki mesafe belirlenirken geometrik şekiller ile tanımlama yapılarak veri elde edilir. Bu yöntem geleneksel olarak kabul edilir (Alimovski, 2019). Modern yöntemlerde ise iris ve retina gibi DNA (*Deoksiribonükleik asit*)'ya ait olan verilerden hareket ile yüz tanıma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Yalçın ve Gürbüz, 2015).



Görsel 33. Geometrik şekillere dayalı geleneksel yüz tanıma (Sütçüler, 2006)

2.11.2. Ses Tanıma Sistemi

Davranışsal biyometrik sistemlerden biri olan ses tanımanın çalışma prensibi, bir kişinin ağzından çıkan ses sinyalinin (konuşmacının ağzından çıkanların havadaki yüksek basınç ile dinleyenin kulağına ulaşması) (Gerçekler, Yorulmaz ve Ural, 2000) ham işlenmemiş veri kaydı alınır. Elde edilen bu veriye ait ses sinyali sayısallaştırılır ve sinyal analiz yöntemleri kullanılarak bireyin ses ayırt edici özellikleri belirlenir. Sinyal işleme sonucunda ses modellenir ve veri tabında bulunan şablonlar ile eşleştirmesi yapılır (Aydın, 2005). Eğer eşleşme sağlanırsa ses tanıma süreci gerçekleşmiş olur. Eşleşme sağlanmaz ise ses verisi yeni olarak veri tabanına

kaydedilir. Veri tabanı içerisinde yer alan ses karelerinden anlamlı sınıflandırmalar elde edebilme yetisi yapay sinir ağı teknolojisine dayanmaktadır (Ateş, 2019).

2.11.3. El Geometrisi Tanıma Sistemi

Elin aya genişliği, parmak uzunluğu ve eklem yerleri bireyin kişisel ayırt edici özelliklerindendir. Bu nedenle birey tanımlandırma için kullanılabilecek veri sunar. Bu sistemde bireyin kimlik bilgilerinin saptanabilmesi için elin geometrik formu el tarama kamerası ile fotoğraflanır. Hata payının normal şartlarda düşük olduğu bu sistemde parmak kaybı yaşamış, yaralanma geçirmiş veya kireçlenme gibi el dokusuna etki edecek türde hastalığa maruz kalmış kişilerde (Yalçın ve Gürbüz, 2015) hata payının arttığı görülür. Bunun sebebi kişinin veri tabanı içerisinde yer alan bilgileri ile yeni oluşturulan verinin örtüşme doğruluk yüzdesinin düşük olmasıdır.

2.12. Kioks Makineleri

Dokunmatik LCD monitör, iç-dış mekân kullanımına bağlı dayanıklı kabin ve kullanım amacına yönelik özel olarak geliştirilen yazılım kodlamalarına sahip sisteme verilen isimdir (Zedeli, 2021). Bilet işlemi (check-in kioks), borç ödeme, fatura sorgulama, sipariş verme, bilgi edinme, tanıtım-reklam (videowall) ve perakende sektörlerinde kioks makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Perakende kioksları müşteriler ile satış danışmanı olarak iletişime geçen, ürün çeşitliliklerini sunan, tavsiye ve stok bilgisi veren dijital yardımcılardır. (Görsel 10) Müşteri bu sistemde kendi ödemesini kendi kendine ödeme sistemi ile bireysel olarak gerçekleştirir ve beğeni, tercih veya şikâyetleri doğrultusunda veri tabanına bilgi akışı sağlar (Zedeli, 2021).



Görsel 34. İngiltere – Mcdonald's'ın restoran kioksu (Peskett, 2016)

2.13. Akıllı Giysi Kabin Sistemi (Smart Fitting Room)

Akıllı giysi kabini, makine öğrenmesi, RFID ve veri madenciliğini bir araya getirerek çalışan bir modeldir. Bu sistemde kabin içerisinde RFID okuyucu, hareket sensörü ve interaktif bir dokunmatik ayna yer almaktadır. Hareket sensörü müşterilerin ne zaman kabine girdiğini ve RFID etiketleri okuyan sistem ile hangi ürünleri yanına aldığını belirler.

Müşterinin hangi ürün ve beden ile kabine girdiğini tespit eden sistem onun ile ilişkili ilk veriyi elde etmiş olur. Otomatik olarak öge bilgilerini elde eden akıllı ayna (kioks) kabine getirilen ürünler ile mağazada yer alan başka ürünlerin nasıl bir araya getirilebileceğine dair öneriler sunmaya başlar. Müşterinin bu öneriler içersinden seçtiği ürünler ile onun hangi rengi, nasıl modelde giysilerden hoşlandığı verisi de ikincil aşama verisini oluşturur.

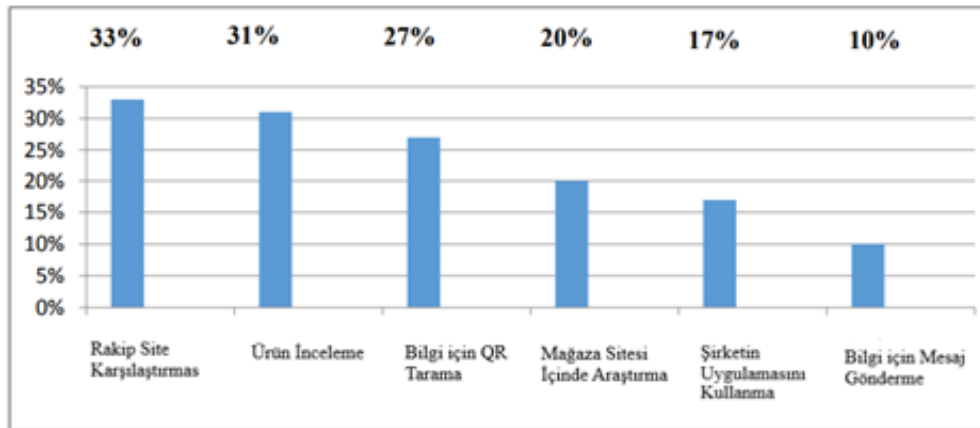
Seçtiği ürünler ile kabinden ayrılarak satın alma işlemini gerçekleştiren müşterinin artık kesin olarak nasıl ürünlerden hoşlandığı verisi üçüncül aşama olarak kayıt edilir.

Eğer müşteri ürünü satın alırken iletişim bilgilerini paylaşır ise belirli periodlarda o kişinin hoşlanabileceği ürün önerileri mail, mesaj ya da sosyal medya ağları ile kişiye reklam veya bilgilendirmeler iletilir. Ancak iletişim bilgilerini paylaşmaz ise o kişiye ait veriler büyük veride işlenmemiş veri olarak bilgi tabanında saklanır.

2.14. Mobil Uygulamalar (Mobile Apps)

İnternet donanımına sahip akıllı telefonlar ile müşteriler bir perakende satış mağazasında fiyatları ve ürün özelliklerini o perakende mağazasına ait ya da farklı bir firmanın mobil uygulaması üzerinden kontrol edebilir.

Tablo 2. Akıllı Telefon Sahiplerinin Mağazada Alışveriş Esnasındaki Faaliyetleri (Moorthy, Behera, ve Verma, 2015)



2015 yılında alışveriş esnasında akıllı telefonların kullanımı üzerine yapılan bir araştırmaya göre (Tablo 2.) müşterilerin yaklaşık üçte biri (%33) bir rakip firmanın sitesinde bir ürün aramak için akıllı cihazlarını kullanırken, %20'si mağazanın kendi web sitesinde ürünün araştırmasını yapar (Moorthy, Behera, ve Verma, 2015).

Ürün özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak, site ile mağaza fiyatlarını karşılaştırmak, indirim veya kampanyaları öğrenmek için müşteriler alışveriş esnasında akıllı telefonlarından mobil uygulamaları kullanmaktadır.

BÖLÜM III

3. Yapay Zekâ Uygulama Örnekleri

Günümüzde yapay zekâ sistemlerinin olağanüstü hızlı veri analiz kapasitesine sahip olduğunun anlaşılması, bu sistemlerin her geçen gün farklı bir sektörde kullanılmaya başlamasına imkân sağlamıştır. Finans, tıp, savunma sanayii, otomasyon ve üretim sektörlerinde, akıllı robot teknolojileri, kontroller, arıza tespit ve analizleri, navigasyon gibi birçok alanda yapay zekâ kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamındaki araştırma akıllı mağazalardaki uygulama örneklerine odaklanacaktır. Yapay zekâ sistemlerinin entegre edildiği cihazlar ile oluşturulan mağazalara *akıllı mağaza (smart store)* ismi verilir. Bir mağazanın akıllı olabilmesi için temelde beş özelliğe sahip olması beklenir. Bunlar sensörler, iç mekân konumlandırmaları (akıllı ayna, akıllı kabin vd.), arttırılmış gerçeklik, akıllı ödeme sistemi ve nesnelerin internetidir. Bu beş özelliğe sahip olan mağazalara *Full akıllı*, beş özellikten bazısı eksik olanlara ise *Hybrid akıllı* denir.

Tez çalışmasının başlangıcında araştırmamızın temel amacı, akıllı mağaza sistemlerinin Türkiye'deki uygulamalarının ayrıntılarını tespit etmek ve bu teknolojinin ülkemizdeki yerinin küresel ölçekteki kullanım bağlamındaki yerini belirlemektir. Uygulamaya dair bilgi ediniminde siber güvenlik ve savunma sahalarındaki örneklerden veri toplanmasının zorluğu dikkate alınarak akıllı mağaza örneklerinin öne çıkarılmasına karar verdik. Bu çerçevede ön araştırmamız, bir Türk markası olan Defacto'nun hâlihazırda faaliyette bulunan akıllı mağaza tasarımıyla yönelmemizi sağladı. Aşağıda ayrıntılı şekilde ele alacağımız bu mağazanın oluşumundaki süreç kuruluş amacı, karşılaşılan zorluklar ve mağazanın yaşadığı dönüşümler bağlamında anlatılacaktır.

Araştırmanın Türkiye ayağının belirlenmesinden sonra, Türkiye'deki teknolojinin dünyadaki yerini tespit için yabancı ülkelerdeki uygulama örneklerinin de belirlenip araştırılması gerekmektedir. Bu çerçevede dünyada 'akıllı mağaza' statüsündeki *Full* ve *Hybrid* modellerin tespit edebildiğimiz ve hakkında bilgi toplayabildiğimiz bütün örnekleri listeledik (bkz. Tablo 3.). Mağazaları öncelikle yapay zekâ uygulama

örneklerine dair akademik ve popüler makaleler, gazete haber ve röportajları ve sonrasında mağazaların kendi internet sitelerindeki bilgileri çerçevesinde taradık. Bu taramayı yaparken, teknolojinin kullanım alanlarındaki ve ülkelerin teknoloji yasaları kapsamındaki farklılıkları dikkate aldık ve araştırmayı üç farklı bölge çatısı altında topladık: ABD, Avrupa Ülkeleri ve Asya Ülkeleri.

Yapay sinir ağları, yapay zekâ ve nöro bilgisayarların ortaya çıktığı yer olan Amerika Birleşik Devletleri, bu teknolojilerin uygulanmasında da başat rolü oynadığı için araştırmada da başlangıç yeri olmuştur. Burada en dikkat çekici örneklerden biri Amazon firmasının girişimi olan Amazon Go akıllı süpermarkettir. Bu model, yapay zekâ ile işleyen mağazaların örnek alabileceği bir sistem olmuştur. Bu akıllı süpermarkette alışveriş yapacak müşteri, telefonuna bu mağazanın uygulamasını indirir. Bu uygulama, müşterinin yüzünü tarayarak yüz tanıma verisi oluşturur. Bu yüz tanıma verisi, daha sonra yapay zekâ tarafından müşteri süpermarket içindeyken kullanılır. Mağaza içerisindeki kameralar ile hareket takibi ve ısı haritalandırması (Polacco ve Backes, 2018) yapan yapay zekâ, müşterinin anlık olarak nerede olduğunu, eline hangi ürünü aldığının, mağaza içinde hangi tarafa doğru yürüdüğünün ve yüz ifadesinden memnuniyetinin verilerini elde eder ve analiz yapar. Bu bakımdan mağaza, alışverişin bütün aşamalarına aktif olarak müdahil olur.

Araştırmanın odağındaki ikinci bölge, Avrupa Ülkeleri olmuştur. Burada ABD'dekinden farklı olarak teknoloji yasalarının yapay zekâ uygulamaları üzerinde kısıtlayıcı bir etkisi olduğu görülmektedir. Sensör kameralarının kullanımı ve bu kameralar yardımıyla insan hareketinin takibinin yapılabilmesi, AB yasaları çerçevesinde kişisel hakları ihlal edebilecek nitelikte değerlendirilmiştir. Bu bakımdan yapay zekâ sistemlerinin büyük veri elde etmesine imkân sağlanmamıştır. Dolayısıyla büyük veri sayesinde hassas analiz yapabilen sistemler de ABD olduğu kadar verimli şekilde gündelik yaşamın bir parçası haline gelememiştir. Bununla beraber yapay zekâ uygulamalarının belirli düzeylerde işlevsel hale geldiği uygulamalar da yok değildir. Bugün İngiltere, Hollanda, Almanya gibi ülkelerde birkaç örneğe rastlanmaktadır. Almanya'nın Berlin şehrinde bulunan Nowe isimli süpermarket Avrupa'da yapay zekâ sistemleri ile işleyen mağaza modeline örnek olarak verilebilir. Nowe, müşterilerin hareket ve ürün seçim verilerini otomatik bir şekilde elde etmek için kamera sistemlerinden yararlanmıştır. Bu kamera sistemleri müşterinin hareketlerini ve hangi

ürünleri sepetine eklemiş olduğunu takip eder. Müşteriler sepetlerine ekledikleri ürünlerin ödemesini herhangi birine temasta bulunmadan mağazaya giriş esnasında da kullandığı uygulamaya kayıt etmiş olduğu kredi kartından otomatik olarak yapar. Mağaza, müşterilerin hangi ürünleri daha çok satın aldığını, mağazaya ilk girişlerinde hangi ürünlere yöneldiğini ya da eline almış olduğu ikinci ürün ile ilk ürün kıyaslaması gibi verileri elde edebilirken; müşterinin yüzü, yaşı, el ya da parmak izi gibi herhangi bir biyometrik verisi elde edilmez. (<https://retailtechinnovationhub.com/home/2022/6/28/rewe-preps-trigo-powered-hybrid-checkout-free-supermarket-launch-in-berlin>).

Araştırmanın yöneldiği üçüncü bölge Asya Ülkeleri olmuştur. ABD ve Avrupa ülkelerinden farklı hukuki yapılara ve yönetim şekillerine sahip Asya ülkelerinde teknolojinin hayata entegrasyonu çok daha açık ve net biçimde gözlemlenebilmektedir. Çin, Güney Kore, Japonya, Singapur gibi ülkeler bu sahada öncü olarak kabul edilebilir. Mesela, Güney Kore'nin Seul şehrinde yer alan 7-Eleven Signature isimli süpermarketi yapay zekâ teknolojileri ile açılmış bir mağaza örneği olarak verilebilir. Bu örnekte, mağazaya girmek isteyen bir müşteri yüz tanıma ya da parmak izi gibi bir biyometrik sistem yerine, dokunmatik bir ekran üzerine yerleştirdiği elinin damar yapısının okunması ile giriş yapar. Satın alma işlemini ise Amerika ve Avrupa örneğinde olduğu gibi mağazaya ait bir telefon uygulamasından farklı olarak, ürünler 360 derece görüntü alabilen kameraların yer aldığı bir konveyör bandına yerleştirilir. Bant üzerinde okunan ürünlerin fiyatları ve toplamı bir LCD ekrana yansır ve müşteri kasiyersiz ödeme işlemini gerçekleştirerek mağazadan ayrılır. Asya ülkelerinde yer alan yapay zekâ teknolojileri ile donatılmış mağazalar kişilerin gizlilik ilkelerine üst düzeyde saygı göstermeye çalışarak uygulamalarını gerçekleştirirler.

Tablo 3. Akıllı Mağaza Listeleri (Tablo: Karabuğa Hatipoğlu, 2022)

S.N.	Mağaza İsmi	Şehir-Eyalet	Ülke	Mağaza Türü	Mağaza Kategorisi	Mağaza Özellikleri
1	Rebecca Minkolf Smart Store	New York	Amerika	Giysi Mağazası	Hybrid	Akıllı soyunma odası, akıllı ayna, RFID teknolojisi, kamera sensörleri
2	Walmart	Levittown, New York	Amerika	Süpermarket	Hybrid	AI özellikli kameralar, etkileşimli ekran, geleneksel ödeme istasyonları
3	Starbucks	New York	Amerika	Kahve Dükkanı	Hybrid	Akıllı telefon uygulaması
4	Mc Donald	Pennsylvania	Amerika	Fast Food Restoranı	Hybrid	Kioks ile sipariş oluşturma
5	Amazon Go	Seattle, Washington	Amerika	Süpermarket	Full	Bilgisayar görüşü, kamera sensörleri, kasiyer yok, akıllı telefon uygulaması ile ödeme
6	Smartmart	New York, Philadelphia	Amerika	Bakkal	Full	Kasiyer ya da çalışan yok, kendi kendine sipariş oluşturup ödeme
7	Aipoly	San Francisco, California,	Amerika	Süpermarket	Full	İnsan yok, ödeme noktası yok, kamera sensörleri
8	7-Eleven	Texas	Amerika	Bakkal	Full	Kasiyer yok, yüz tanıma biyometrisi
9	Kroger	Ohio, Washington	Amerika	Süpermarket	Full	Dijital raflar, akıllı telefon uygulaması
10	Delaware North	Boston	Amerika	Bakkal	Full	Ödeme sırası yok, QR kodu ile giriş, kredi kartı ile ödeme
11	Inokyo	California	Amerika	Bakkal	Full	Giriş ve satın alma için QR kod

S.N.	Mağaza İsmi	Şehir-Eyalet	Ülke	Mağaza Türü	Mağaza Kategorisi	Mağaza Özellikleri
12	Zippin	San Francisco	Amerika	Bakkal	Full	Raf içi ağırlık sensörleri, Zippin uygulaması, kamera ve sensör teknolojisi ile QR kodunu tarama,
13	Sainsbury's	London	İngiltere	Bakkal	Hybrid	Akıllı telefon uygulaması, ödeme noktası yok, şu anda yalnızca Sainsbury'nin personeline açık
14	Morrisons	All over the U.K.	İngiltere	Süpermarket	Hybrid	Kamera sensörleri, akıllı telefon uygulaması, makine öğrenimi, kasiyer var
15	Tesco	Holborn, London	İngiltere	Süpermarket	Full	Akıllı telefon uygulaması ile ödeme, kasiyer yok, ağırlık rafı teknolojisi
16	Getgo	London	İngiltere	Bakkal	Full	Akıllı telefonlar için Tesco uygulaması, kamera ve raf ağırlık sensörleri
17	Ocado	Hatfield	İngiltere	Depo, Süpermarket	Full	AI makineleri ve endüstriyel seri üretim yapan robot kol
18	Pixevia Store	Vilnius	Litvanya	Süpermarket	Full	Kasiyerler ve bekleme hattı yok, akıllı telefon uygulaması ya da kredi kartı ile ödeme, kamera sensörleri
19	Aldi Nord	Laakweg	Hollanda	Süpermarket	Full	Yüz tanıma yok, ödeme noktası ve ağırlık rafı yok, kamera sensörleri
20	Neste Easy Deli	Vantaa	Finlandiya	Restoran, Kahve Dükkanı	Full	Akıllı telefon uygulaması ile ödeme, RFID teknolojisi
21	R-kioski Go	Helsinki	Finlandiya	Bakkal	Full	Akıllı telefon uygulaması ile giriş, kasiyer yok, ürünleri tara ve uygulamadan öde
22	Mango	Lisbon	Portekiz	Giyisi Mağazası	Hybrid	Akıllı soyunma odası, akıllı ayna, RFID teknolojisi, IoT

S.N.	Mağaza İsmi	Şehir-Eyalet	Ülke	Mağaza Türü	Mağaza Kategorisi	Mağaza Özellikleri
23	Rewe	Berlin-Cologne	Almanya	Süpermarket	Hybrid	Ağırlık rafı, bilgisayar görüşü, kasiyersiz ödeme, akıllı telefon uygulaması
24	Family Mart	Tokyo	Japonya	Bakkal	Hybrid	Kasiyer yok, satış elemanı yok, ATM'den ödeme
25	Lawson	Kanawaga	Japonya	Bakkal	Full	Maskeli alışveriş yapanlar için nakitsiz, temassız akıllı mağaza, avuç içi damar tanıma, kamera tekj, ağırlık sensörü, ödeme yok, kasiyer yok
26	East Japan Railway's Omiya Station	Tokyo	Japonya	Bakkal	Full	Kamera teknolojisi, kasiyer yok, kiosk ile ödeme
27	Trial Quick	Onojo, Fukuoka Prefecture	Japonya	Süpermarket	Full	QR kodu veya ön ödemeli kart ile ödeme, kamera teknolojisi
28	Uniqlo	Tokyo	Japonya	Giyisi Mağazası	Full	Akıllı ayna, kendi kendine ödeme, RFID alışveriş sepeti, RFID teknolojisi, uygulamaya gerek yok, kredi kartı ile ödeme
29	Green Leaves Plus Store	Yokohama	Japonya	Bakkal	Full	Kasiyersiz ödeme, uygulama ile biyometrik kimlik doğrulama
30	7-Eleven Signature	Seoul	Güney Kore	Bakkal	Full	Avuç içi tarama teknolojisi, nakit yok, kart yok, insan yok, kamera teknolojisi, akıllı telefon uygulaması ile ödeme
31	Moby Mart	Shanghai	Çin	Bakkal	Hybrid	Girmek ve satın almak için QR kod
32	Bingobox	Shanghai, Shenzhen, Beijing etc.	Çin	Bakkal	Full	Bilgisayar görüşü, akıllı telefon uygulaması ile ödeme, nakasiyer yok, RFID
33	Hema	Shanghai	Çin	Süpermarket	Full	Kasiyer yok, akıllı telefon uygulaması veya kiosk ödemesi, biyometrik sistemler

S.N.	Mağaza İsmi	Şehir-Eyalet	Ülke	Mağaza Türü	Mağaza Kategorisi	Mağaza Özellikleri
34	Tao Café	Hangzhou	Çin	Bakkal	Full	QR kod, kamera ve sensör tekn. ile giriş yapın, yüz tanıma sistemi ile Alipay'den ödeme
35	Auchan Minute	Shanghai	Çin	Bakkal	Full	QR kodu ile girin, WeChat Pay veya Alipay ile ödeme
36	EasyGo	Shanghai, Hangzhou	Çin	Bakkal	Full	QR kodu ile girin, WeChat ile ödeme yapın, RFID etiketi, insan yok
37	Deliveroo Food Market	Media Cir.	Singapur	Restoran	Full	Çalışan yok, self servis sipariş
38	Habitat	West Coast, Clementi New Town	Singapur	Süpermarket	Full	Kasiyer yok, akıllı telefon uygulaması ile ödeme
39	Watasale	Kerala	Hindistan	Süpermarket	Full	Kamera sensörleri, mobil uygulama, kasiyer yok, giriş ve satın alma için QR kodu
40	Farro	Auckland	Yeni Zellanda	Süpermarket	Full	Kasiyer yok, akıllı alışveriş arabası, akıllı telefon uygulaması, bilgisayar görüşü
41	Shufersal	Tel Aviv	İsrail	Süpermarket	Full	Bilgisayar görüşü, yapay zeka tabanlı akıllı araba, mobil kendi kendine ödeme
42	Carrefour City +	Dubai	Birleşik Arap Emirlikleri	Bakkal	Full	Akıllı telefon uygulaması, kamera teknolojisi, QR kodu, sensör rafları, yüz tanıma veya biyometrik veri kaydı yok

Geleneksel sistemde (yüz yüze alışveriş) veri, yalnızca satışı yapılan üründen elde edilir. Satışı gerçekleşmeyen ürüne ait hiçbir bilgiye sahip olunamaz. Çevrimiçi mağaza alışverişinde veri, ziyaretçinin tüm hareketlerinin izlenmesiyle elde edilir. Ürünü satın alana kadar net bilgi elde edilemese de sistem içerisinde ham veri olarak tutulur. Seçtiği ürünler ile alışverişini tamamlayan müşterinin bilgi haritası çıkarılır. Bu haritada müşterinin incelediği ürünler, o ürünün yer aldığı sayfaya kaç dakika baktığı, tercihlerini yaptığı bedenler, renkler vb. bilgiler yer alır. Yapay zekâ ile işleyen sistem, ürünü satın almış ya da almamış kişilere belirli periotlarda beğenilerine uygun reklam, e-posta, mesaj hatırlatmaları yaparak hem müşteriyi kendisine uygun olabilecek ürünlerle buluşturmayı hem de mağazanın satış oranlarını arttırmayı hedefler.

Akıllı giyim mağazalarında bir ürün kaç kere denendi, kaç kere kabine girdi, kaç kere satıştan geçti gibi veriler elde edilebilir. Bu veriler, işletme sahiplerinin müşterilerin davranışlarını ve ilgi alanlarını öğrenmesini sağladığından, ürün yelpazesinde en ideal portföyün oluşturulması mümkün olur. Bu bakımdan yapay zekâ uygulamalarının en verimli kullanım alanlarından biri moda perakende sektörü olmuştur. Benzer uygulamalar süpermarketler için de düşünülebilir ancak giyim mağazalarında öne çıkan durum, mağazayı ziyaret eden müşterilerin bir ürünü fiziksel olarak denemeden önce sanal bir deneyim yaşayabilmesidir.

Aşağıda yapay zekâ sistemlerinin kullanıldığı mağazalara örnekler verilmiştir. Bir süpermarket uygulaması olan Tesco Express: GetGo haricindeki örneklerin tamamı giyim/moda sektörüne aittir. Bu sektördeki özgünlüğün daha iyi anlaşılabilmesi için önce süpermarket örneğinin ayrıntıları verilmiş, ardından dünyadaki mağaza örnekleri ele alınmıştır. Defacto örneği, araştırmanın ana konusunu yansıtmaması bakımından en ayrıntılı biçimde incelenen model olarak sunulmuştur.

3.1. Tesco Express: GetGo

İngiltere'nin en büyük süpermarket zincirlerinden olan Tesco firması, Tesco Express sınıfında yer alan Getgo isimli akıllı ödeme sistemiyle çalışan ilk mağazasını Londra şehrinde High Holborn semtinde Ekim 2021'de açmıştır (Lamperti, 2021).

Amazon'un 2021 yılının başlarında Londra'da altı tane akıllı ödemenin olduğu süpermarket açması ile birlikte Getgo müşterilerine geleneksel yöntem dışında farklı bir ödeme seçeneği sunmayı amaçlayan teknolojik süpermarketini müşterilerine tanıtmıştır (Bourke, 2021).

Tesco firması, perakende mağazaları için yapay zekâ destekli çalışan sistemlerini hayata geçirmek için yapay zekâ sistemlerinin perakendelere entegrasyonu üzerine mühendislik uygulamaları yapan Trigo ile iş birliği yapmıştır. Ken Murphy liderliğindeki Trigo, Tesco'nun 2000 metrekarelik kapalı alana sahip mağazasına gelen müşterilerin akıllı ödeme yöntemiyle işlem yapabilmesi için bir uygulama geliştirmiştir. Mağazaya gelen müşterilerin bu uygulama aracılığı ile satın alma işlemi gerçekleştirebilmeleri, kredi kartlarını mobil uygulama üzerinden mağazanın sistemine entegre etmeleri sayesinde mümkün olur. Market alışverişi tamamlandıktan birkaç dakika sonra faturaları telefon ekranlarına düşer (Nott, 2021).

GetGo süpermarketinde tavana yerleştirilen kameralar ile müşteri hareketleri ve ürün seçimleri; akıllı raf sensörleri ile müşterinin hangi ürünleri aldığı tespit edilebilir. Böylece market alışverişi yapan bireyler kasa kuyukları beklemeden Tesco uygulaması ile akıllı satın alma işlemini gerçekleştirerek zaman kaybı yaşamadan mağazadan ayrılabilir.

Tesco'nun Süpermarketlerden sorumlu genel müdürü Kevin Tindall, uygulamayı Evening Standard¹¹ gazetesine şöyle izah eder: "High Holborn mağazamız, öğle tatilinde uğrayıp yemek yemek isteyen ya da eve dönerken akşam yemeği için bir şeyler almayı planlayan müşteriler arasında gerçekten popüler. Yeni sorunsuz ödeme sistemimiz, bunu daha hızlı ve kolay hale getirerek, ödeme ve sıraya girme zamanından tasarruf etmelerini sağlayacaktır." (Bourke, 2021).

Geleneksel ödeme sistemi yerine mobil uygulama kullanılması, müşteri tercihlerinin belirlenmesi, pazarlama stratejileri geliştirmede büyük veriye katkı sağlayacak kamera ve sensör sistemlerinin kullanılması, nesnelerin interneti, hareket ve akıllı raf sensörünün mobil uygulama ile etkileşim halinde olması GetGo'yu tam otomatik bir mağaza yapar.

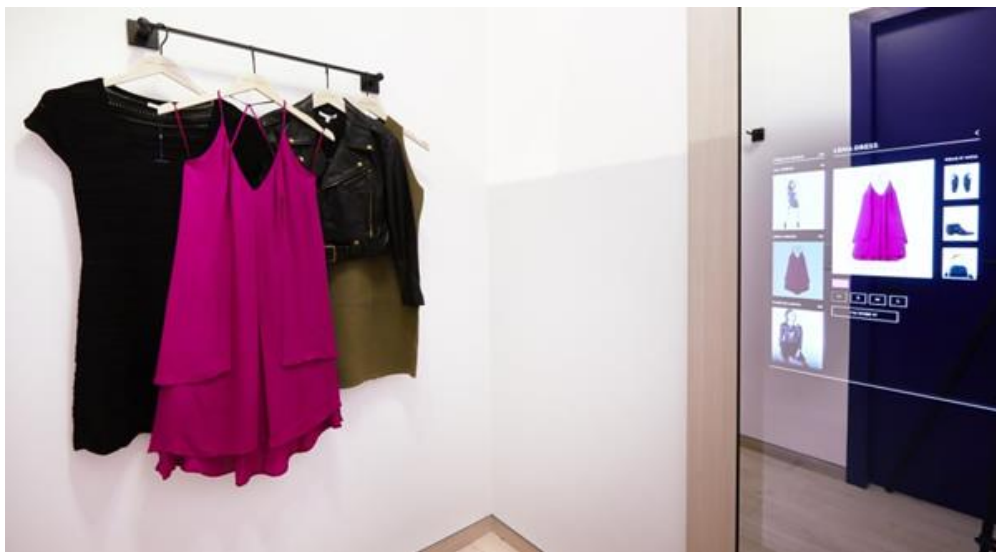
3.2. Rebacca Minkoff Smart Store

Çevrimiçi alışverişin yaygınlaşması, tüketicilere sunduğu değer nedeniyle geleneksel perakende mağazalarına olan talebi azaltmıştır. İnternet üzerinden alışveriş yapan bireyler

¹¹ İngiltere, Londra'da pazartesi cuma arası yayınlanan küçük bir gazete

fiyatları kolayca karşılaştırabilir, yeni markalar keşfedebilir, anında satın alabilir ve çok az veya hiç ek ücret ödmeden ürünleri hızlı bir şekilde kapılarına kadar getirebilirler. 2005 yılından beri New York ve Los Angeles’da faaliyet gösteren Rebecca Minkoff’un geleneksel mağazasını akıllı mağazaya dönüştürmedeki hareket noktası, günümüzün çevrimiçi tüketicisinin gerçek anlamda ilgisini çeken bir mağaza deneyimi nasıl hayata geçirilebileceği şeklindedir. (Schlesinger, 2017). ABD’nin New York şehrindeki Rebecca Minkoff mağazasında, müşterilerin talep ettiği ürünleri bulabilmesi sağlamak için bir video duvarı (*connected wall*) bulunur ve giysi kabininde akıllı aynalar yer almaktadır. (Schlesinger, 2017). Alışveriş yapanlar video duvarındaki LCD ekrandan sosyal medya içeriğine göz atabilir, podyum gösterilerinin videolarını izleyebilir, ücretsiz bir şekilde içecek sipariş edebilir veya alışveriş deneyimine başlamak için mağazadaki ürünlerin resimlerini sırasıyla gözlemleyebilir (Chamberlain, 2017).

Müşterinin dijital deneyimi, “akıllı giysi kabinine” girdikten sonra da devam eder. Her soyunma odası ve odaya getirilen her ürün RFID teknolojisi ile donatılmıştır. Taranan ürünler soyunma odası içindeki akıllı aynada (tasarımda yer alan video duvarına benzer) görsel olarak yer alır. Aynalar, her ürün için mevcut diğer beden ve renkleri listeleyebildiği gibi kabine gelen ürünler ile hangi farklı ürünlerin bir araya getirilebileceğine dair önerilerde bulunur. Kabin, "çalışan çağır" düğmesi ile satış görevlisi için yere konumlandırılan tablete bağlanarak onları soyunma odasına çağırabilir. Ayrıca müşteriler kabin aydınlatmasını ürünleri kullanacakları yere göre değiştirebilmektedir (Milnes, 2015).



Görsel 35. Rebecca Minkoff akıllı mağazasının giyinme odaları, aydınlatmayı ayarlayabilen ve satış görevlileriyle iletişime geçebilen etkileşimli aynaları (Schlesinger, 2017).

Kabine giren her ürün takip edildiği için hangi ürünlerin denenip satın alındığını ve alınmadığını, hangi ürünlerin bir arada talep edildiğini ve hangi ürünlerin soyunma odasına bile getirilmediğini yani hiç denenmediğini öğrenmek mümkündür (Milnes, 2015). RFID teknolojisi tarafından toplanan bu veriler, Rebecca Minkoff'un satışlarını daha müşteri odaklı hale getirmesine ve satışlarının artmasına sebep olmuştur. Bu verilerin analiz edilmesi, aynı zamanda tasarımcıların gelecek sezonlarda hangi stilleri edebileceklerini belirlemelerine yardımcı olacak yol haritaları sunmuş olur. Örneğin, belirli bir ürün soyunma odasına sık sık getirildiyse ancak hiç satın alınmadıysa, ürünün tarz ve/veya renk olarak beğenildiğini, ancak üründe bir uyum sorunu olduğunu gösterebilir. Verilerin analizini yorumlamakla sorumlu firma yetkilileri, bu verilerden hareketle gelecek sezon için gerekli düzenlemeleri yapabilir

Rebecca Minkoff'un akıllı mağazasının sensör, termal kamera, biyometrik sistem ve akıllı ödeme gibi unsurlara sahip olmaması, bu mağazanın Hybrid türünde olduğunu gösterir.

3.3. UNIQLO Smart Store

Kuruluş amacı olarak yüksek kaliteyi uygun fiyata satışa sunma iddiası ile sektöre giren Uniqlo mağazaları, ilk mağazasını 1984 yılı Haziran ayında Japonya'nın Tokyo şehrinde açmıştır. Sonraki yıllar içinde başta Çin Halk Cumhuriyeti olmak üzere Asya kıtası ve dünyanın farklı konumlarında yer alan diğer ülkelerde faaliyet göstermeye başlamıştır.

H&M ve Zara gibi hızlı moda¹² (*fast fashion*) sektöründe yer alan Uniqlo şirketi, hızlı ve düşük maliyetli operasyonel hizmet verebilmek için uygun fiyatı benimsediğini gösteren “Made For All” marka sloganını “LifeWear” olarak 2013 yılında değiştirmiştir. Bu değişiklik ile tüm fiziksel ve çevrimiçi alışveriş deneyimi sunan mağazalarından elde ettiği verileri akıllı mağaza sisteminde yer alan teknolojilere entegrasyonu üzerine çalışarak, tüm satın alma, depolama, ürün sayımı ve veri kaydı işlem süreçlerini dijitalleştirmiştir.

Uniqlo 2017 yılında Asya'nın ilk akıllı perakende mağazasını açmıştır (Tan ve He, 2019). Mağaza akıllı ayna ve RFID teknolojileri sayesinde müşterilerin alışverişlerinde yapay zekâ unsurlarının faaliyetine izin verir. Bu işleyişe göre akıllı aynalar ile müşterilerine alışveriş rehberi seçeneğini sunar. Aynanın önünde duran bir kişi isteği doğrultusunda

¹² Hızlı Moda (Fast Fashion): Zara giyim markasıyla ortaya çıkan bu terim çok sayıda ürünü düşük fiyat ve sürede hazırlayıp tüketiciye sunar.

kıyafetleri dokunmatik ekran üzerinden seçip deneyebilir ya da üzerinde sanal olarak denemeden görüntüleyebilir. Ayna, daha önce gezindiği ürünlere paralel olacak şekilde müşterinin ten rengi ve vücut tipine uygun önerilerde de bulunabilir. Alışveriş deneyimini yaşayan birey baktığı ürün ile ilgili kullanıcı yorumlarını görmek isterse elini başının üzerine koyup sipariş verip vermeyeceğine karar verebilir.

Bu mağazada yer alan tüm ürünler RFID teknolojisi ile donatılmış mikroçipli etiketlere sahiptir. Bu mikroçiplerde ürünlerin renk, model, beden ve fiyat gibi verileri bulunur. RFID etiketi aynı zamanda kredi kartıyla bireysel olarak ödeme imkânı da sunar. Müşteri temsilcisine gereksinim duymadan satın alınmak istenen ürünler satış platformuna yerleştirilir. Nesnelerin interneti aracılığı ile radyo frekansı dalgaları RFID etikette yer alan mikroçipteki programa işlenen bilgileri antenden aldığı sinyal ile RFID okuyucuya gönderir. Etiketle yer alan bilgiler ışığında satın almak istediği ürünün fiyatı ekrana yansır ve müşteri kredi kartı ile ödeme işlemini tamamlayabilir.



Görsel 36. Uniqlo RFID etiket örneği (<https://www.huayuansh.com/uniqlo-global-stores-applied-rfid-tags/>)



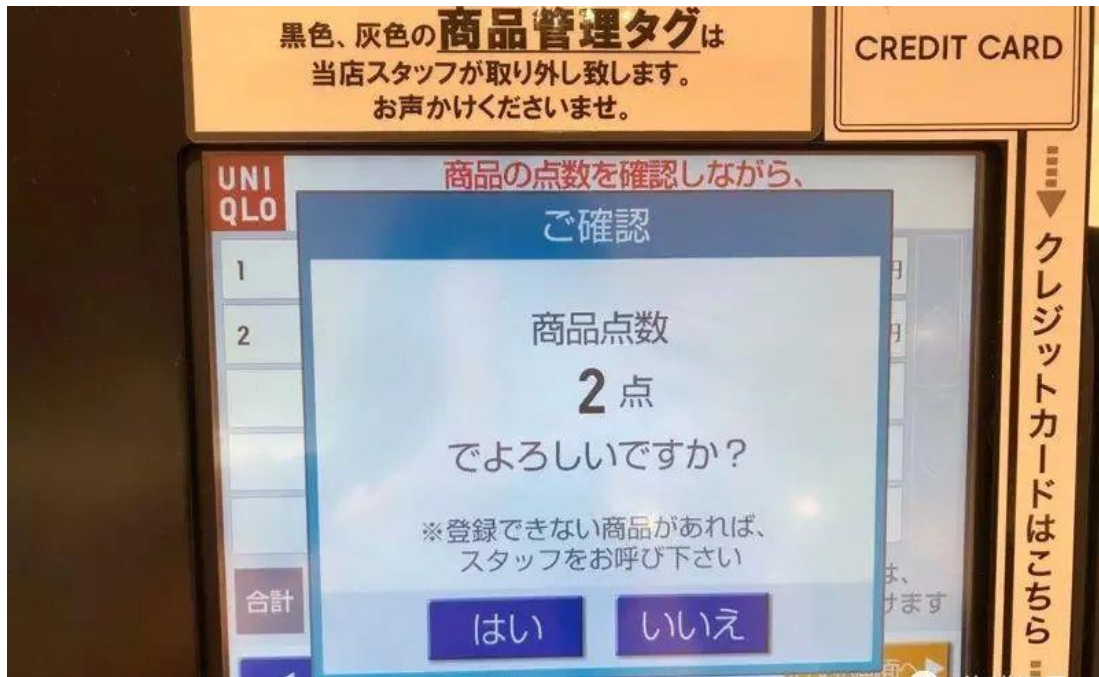
Görsel 37. Uniqlo akıllı mağazası kendi kendine ödeme noktası (<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



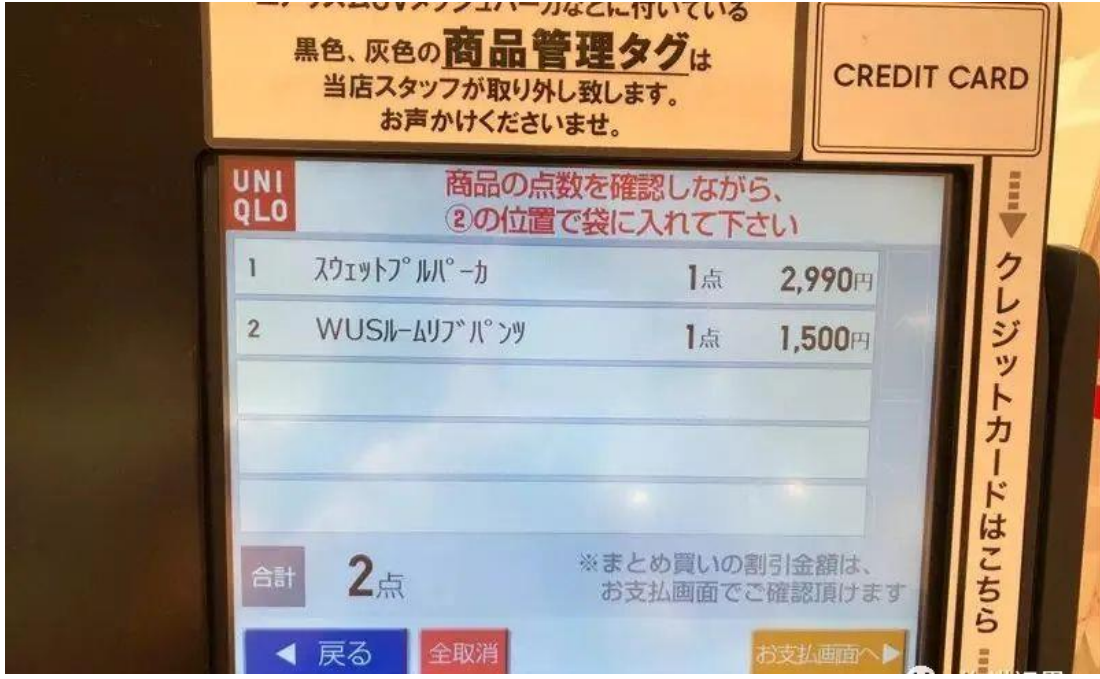
Görsel 38. Ürün yerleştirme platformu (<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



Görsel 39. Platforma yerleştirilen iki ürün(<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



Görsel 40. Giysilerin RFID envanteri (<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



Görsel 41. Giysi fiyatları (<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



Görsel 42. Kendi kendine ödeme sistemi ile ödemenin tamamlanması (<https://www.seikorfid.com/news/Uniqlo-RFID-tags.html>)



Görsel 43. Uniqlo'nun etkileşimli akıllı aynası (<https://www.huayuansh.com/uniqlo-global-stores-applied-rfid-tags/>)

Ürünlere yerleştirilen RFID etiketinin bir diğer faydası, bu etiket sayesinde gerçek zamanlı olarak envanter sayımlarının yapılabilmesidir. Böylece talebi fazla olan ürünün hangi renk ve bedeninin tekrar üretime alınması, talebi az olan ürünlerin belirlenip tekrar üretilmemesi veya hatası var ise nedenlerinin bulunması yönünde kararlar alınabilmektedir.

Mağazanın akıllı alışveriş bağlamında üçüncü bir özelliği daha vardır ki bu akıllı alışveriş arabasıdır. Arabalara birer RFID okuyucusu yerleştirilmiştir. Bu okuyucu sayesinde müşterilerin mağazada alışveriş için gezdiği sırada topladığı ürünler dikkate alarak -kalan ürünlerin renk, beden, stok durumları kontrol edilebilir.

Bir deneyim mağazası olarak ele alabileceğimiz Uniqlo akıllı mağazası sahip olduğu RFID teknolojileri, veri işleme sistemi, akıllı alışveriş arabası, arttırılmış gerçeklik prensibine dayalı olarak çalışan akıllı aynaları, bireysel ödeme sistemi ve nesnelerin internetinin kullanılması onu tam otomatik bir akıllı mağaza yapar.

3.4. Mango Smart Store

Perakende giyim sektörü markalarından biri olan Mango, 1984 yılında ilk mağazasını Barcelona'da açmıştır. 1992 yılında Portekiz'de açtığı mağazası ile uluslararası pazarda kendini göstermeye başlamıştır. Türkiye dâhil olmak üzere dünyanın birçok ülke ve şehirlerinde mağazaları mevcuttur.

2018 yılında Portekiz'in Lizbon şehrinde amiral gemisi olarak isimlendirdiği mağazasını bir deneyim mağaza olarak tasarlamıştır. Akıllı olarak ele alabileceğimiz bu sistemi Barcelona ve New York mağazaları başta olmak üzere dünyadaki tüm mağazalarına entegre etme amacını gütmektedir (Arthur, 2018). Bu sistem, dijital ayna tasarımı yapan Vodafone ile nesnelerin interneti ve akıllı sistem entegrasyonlarını tasarlayan Jogo Tech adında bir İspanyol şirketin iş birliği ile hayata geçirilmiştir (<https://www.vodafone.com/business/news-and-insights/press-release/vodafone-and-mango-make-digital-fitting-rooms-a-reality>).

Bu sistemde mağaza içerisine akıllı kabinler yerleştirilmiştir. Bu kabinleri kullanan müşteri, her ürüne yerleştirilmiş olan RFID etiketini kullanarak elindeki giysinin sanal ortamdaki bilgisine ulaşabilir, ardından farklı boyut veya renkler talep etmek için akıllı ayna üzerinden mağaza personeline mesaj atabilir. Nesnelerin interneti teknolojisine dayanan bu sistemde mağaza çalışanının bileğinde yer alan akıllı saat ile akıllı ayna birbirine entegre halindedir. Dolayısı ile personel müşterinin hangi ürünle kabine gittiğini, hangi ürünün hangi beden ve rengini talep ettiğini görebilmektedir. Akıllı saat ile stok kontrolü, ürün bilgisi, diğer personeller ile iletişim sağlanabilmektedir (<https://internetofbusiness.com/retail-iot-vodafone-digital-fitting-rooms-great-fit-mango/>).



Görsel 44. Seçimleri kaydeden akıllı saat kullanıcısı personel görseli
<https://internetofbusiness.com/retail-iot-vodafone-digital-fitting-rooms-great-fit-mango/>



Görsel 45. Mango'nun dijital (akıllı) kabini ve aynası (Arthur, 2018).

Nesnelerin interneti, akıllı ayna, akıllı kabin sistemi ve RFID teknolojilerinin kullanılması fakat kendi kendine ödeme, artırılmış gerçeklik, sensör ve kamera sistemlerinin olmaması sebebi ile Mango'nun Lizbon şehrindeki mağazası hybrid mağaza konumunda yer alır.

3.5. Defacto Fijital Akıllı Mağaza

Hızlı moda giyim sektörü zincirlerinden olan Defacto Akasya Alışveriş merkezi mağazasında makine öğrenmesi, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik ve veri bilimini kullanarak yapay zekâ mağaza modelini hayata geçirmiştir.

Mağazanın ortaya çıkışındaki araştırma çalışmaları Balıkesir’de üç ay için açılan modelleme örneğinden elde edilen verilerle sağlanmıştır. Biz burada bu akıllı mağazanın ortaya çıkışı ve değişim süreçlerini ayrıntılı olarak ele alacağız. Bugüne kadar hiçbir akademik çalışmaya konu olmayan bu sürecin olabildiğince açık-seçik ve yerinde anlatılabilmesi için süreci çok yakından tanıyan ve bu akıllı mağazanın fikir babası ve tasarımcısı olan Defacto CEO’su Kerem Torun ile görüşme gerçekleştirilmiştir. Pandemi şartları sebebiyle çevrimiçi gerçekleştirilen toplantıda, tez kapsamının bütün araştırma soruları sorulmuş ve Torun’un verdiği cevaplar doğrultusunda Defacto mağazası hakkında bilgi dağarcığı oluşturulmuştur.

3.5.1. Yapay Zekâ Mağazasının Ortaya Çıkış Süreci: Geçici Balıkesir Mağazası

Defacto Geçici Balıkesir Mağazası, internet alışverişi yapan ancak satın almak istediği ürüne fiziksel olarak temas ederek görmek isteyen müşterinin taleplerini karşılayacak olan akıllı mağazayı açma ideali sürecin ortaya çıkış noktasıdır.

Üç ay süresince müşterilerine hizmet verecek şekilde tasarlanan bu mağaza sisteminde kredi kartı ile entegrasyonu sağlanmış kioks, akıllı kabin, ürün ve envanter takibi için RFID, mağazaya giren müşteri takibi için ise kamera sistemleri kullanılmıştır. Bu mağazayı geleneksel mağazadan ayıran en önemli özellik Türk mühendisler tarafından geliştirilen kiokslarıdır. Defacto’dan çevrim içi alışverişi olanaklı kılan bu sistemde satın alma işlemi kioksa bağlı POS üzerinden kredi kartı-banka kartı ile yapılmaktadır. Bu yöntemde süreç, müşterinin mağazada fiziksel olarak gördüğü ürünü satın aldıktan sonra yanında eve götürmesine gerek olmadan, kargo ile evine teslimi şeklinde işler.

Defacto’nun Geçici Balıkesir Mağazası, RFID, kendi kendine satın alma işlemi için kioks, akıllı ayna ve balıkgözü kamera sistemlerini kullanması ancak arttırılmış gerçeklik ve sensörlerin yer almaması onu hybrid bir mağaza yapar.

Türk insanının akıllı mağaza deneyimini yaşayabilmesi için açılan bu mağazadan elde edilen müşteri yorumları, anketleri, satış grafikleri ile elde edilen veri ve dijital ürün takibinin uygulanabilmesi projeyi sonraki adıma taşımıştır.

Müşteri profilinin çoğunluğu Balıkesir’in çevre köylerinden gelen düşük gelirli bireylerden oluşmaktadır. Bu bireylerin günlük hayatlarında teknolojik aletlerle irtibatlarının az olduğu deneme sürecinde yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Hayatlarında hiç kredi kartı

kullanmamış olan ya da internet alışverişi yapmamış olan bu kesim, yapay zekâ ve ileri teknoloji ekipmanlarıyla donanmış bu mağazada özgün alışveriş deneyimi yaşama imkânı bulmuşlardır. Mağazadan alışveriş yapan kitlenin azınlığı ise teknolojiyi daha verimli kullanabilen öğrenci ve askerlerden oluşmuştur.

Bu durum, uzun vadede Türkiye’deki genel müşteri profilinin anlaşılmasına da yardımcı olacak veriler sunmaktadır. Bu bağlamda müşterilerin ilk defa yaşadığı tecrübelerden daha ziyade memnun oldukları ve mağazayı tekrar ziyaret ederek deneyimlerini artırmaya çalıştıkları görülmüştür. Bunun yanında memnuniyetsizlik durumunun da gözlemlendiği ifade edilmiştir. Bu bağlamda bazı müşterilerin mağaza içinde alışverişi klasik yöntemlerle tamamlamada kullanılan alışveriş kasasının bulunmamasından şikâyet edilmiştir.

Mağazanın fikir ve uygulama üreticisi Kerem Torun’un ifadesi ile “60-65 yaş aralığındaki bir babanın akıllı mağazada alışverişini yaparken yaşadığı gurur ve mutluluğu tanıdığı insanlar ile paylaşıp onların da benzeri bir tecrübeyi deneyimlemelerini istemişti. Onun yaşadığı mutluluk deneyim mağaza fikrinin bir diğer çıkış noktası oldu.”

Satın aldığı ürünü somut olarak elinde tutmadan ayrılmayı yadırgamayan müşteriler, kargonun bedava olması mağazanın müşteriler tarafından tercih edilir konumda yer almasını sağlamıştır.

Uygulamaya geçirilen Balıkesir mağazasından elde edilen başarılı sonuçlar, İstanbul’da gerçek anlamda kalıcı bir akıllı mağaza açma idealinin hayata geçirilmesi için yeterli veriyi sunmuş olarak kabul edilmiştir.

3.5.2. Defacto Akıllı Giyim Mağazası: Akasya Alışveriş Merkezi

İstanbul’daki uygulama yeri olarak, merkezi konumda bulunan ve ziyaretçi profili ve sayısı ile hedefe ulaşmayı kolaylaştıracak bir AVM’nin seçilmesi planlanmıştır. Bunun sonucunda aylık ziyaretçi sayısı 1,2-1,3 milyon civarında olan, Anadolu yakasında Kadıköy ilçesinde metro ve metrobüs gibi yaygın kullanılan toplu taşıma araçlarının duraklarına çok yakın mesafede bulunan Akasya Alışveriş Merkezi, modellemenin hayata geçirileceği yer olarak seçilmiştir.

3.5.2.1. Kuruluş: Defacto Akıllı Mağaza Tasarımı ve Uygulaması

Mağaza ilk etapta Balıkesir örneğinde olduğu gibi fiziksel satışın yer almadığı, satın almanın yalnızca kiokslar üzerinden olduğu bir sistemle kurulmuştur.

Akıllı aynalar, akıllı ürün sayımı (RFID) ve balıkgözü kameralar ile ısı haritalandırmaları yapılarak tüm mağaza bir tablet üzerinden uzaktan takip edilebilir hale getirilmiştir.

Geleneksel bir giyim mağazasında her bir ürünün her renginin XS'den XL'e kadar bedenleri üretilerek satışa sunulur. Beş farklı renk ve sekiz farklı bedene sahip olan bir ürün için kırk farklı ürünün üretilerek mağazada sergilenmesi gerekir. Kırk adet ürünün her biri için de ayrıca SKU (*Stock Keeping Unit*) (Stok Tutma Birimi) belirlenmelidir. SKU numarası ile envanter takibi yapılarak o kategorideki ürünlere ait veri elde edilebilir. Her bir ürün için SKU kodu atama ve takibini yapma satıcı için ekstra bir maliyet ve uğraşı gerektiren bir süreçtir. Mesela, bir kazağın tek bir modelinin sekiz bedeni üretime alınırsa, 8 farklı kazak üretilerek sergilenmeli ve fazladan talep için mağaza deposunda tutulmalıdır. Ancak kazağın 6 farklı rengi ve 8 farklı bedeni olur ise 48 farklı ürünün mağazada sergilenmesi ve onlara SKU kodunun atanması gereklidir. Tüm bu sürecin verimli olarak işleyebilmesi için de mağaza sahibinin büyük bir mağazaya ve depoya ihtiyacı olduğu gibi çalışan sayısını arttırmalıdır. Ayrıca talep görmeyen ya da hatalı üretimi yapılan ürünleri de üreterek zarar edecektir.

Akıllı mağaza ile yapılmak istenen ise 8 farklı beden arasından en çok tercih edilen 5-6 beden seçilip; her birinin farklı renginin sergilenmesidir. Böylece 5 ya da 6 SKU ile o modelin tüm seçenekleri müşteriye sunulmuş olmaktadır. 200 metrekaresel bir akıllı mağazada yaklaşık 1200 metrekaresel geleneksel bir mağazanın ürün hacmine erişilmiş olur. İnsanların daha az alanda daha fazla ürünü görebileceği bu sistem firmanın kira, bakım ve benzer masraflarında önemli düzeyde azalma olmasına ve bu da ürünlerin depodan satış yapan internet siteleriyle rekabet edebilecek fiyatlarda satış yapılmasına imkân sağlar. Dahası, firmanın büyük alanlara sahip olmayan konumlarda da şubeler açabilmesine ve daha çok müşteriye ulaşabilmesine izin verir.

Fiziksel bir stoka sahip olmaya bu mağaza sistemi, satın alınan ürünleri e- ticaret deposundan karşılamaktadır. Sergilenen hiçbir ürün satılıp dışarıya çıkmayacak ve giysi denemek için mağazaya gelen müşteri tükenmiş bir ürünle karşılaşmayacaktır.

Alışverişin yoğun olduğu konumlarda, hızlı moda tipindeki mağazalar çok büyük bir tüketim hacmine sahip olurlar. Bu durum, bu mağazalardaki hizmetlerin aksamasına ve personelin çoğunun satış sorumlusu ya da stok kontrolörü olarak faaliyet göstermesine sebep olur. Yani, müşteriyle doğrudan ilgilenerek müşterinin isteklerine uygun ürünler önerme veya onları yönlendirme durumu nadiren söz konusu olur. Akıllı mağaza modeli, mağaza çalışanlarının doğrudan müşteri ile ilgilenmesine ve müşterilerin yüksek moda (*high fashion*) mağazalarındaki gibi muamele görmesine fırsat verir. Bu da müşteri memnuniyeti olarak sonuca dönüşür.

Defacto'nun Akıllı Mağazasında yer alan akıllı aynalar, müşteriye yüksek moda deneyimi sunarak hizmet verir. Bu uygulamada, müşteri eline aldığı ürün ile kabine girer ve akıllı aynadan kendi bedenine uygun olan ürünü mağaza çalışanlarından yine akıllı ayna üzerinden talep edebilir.

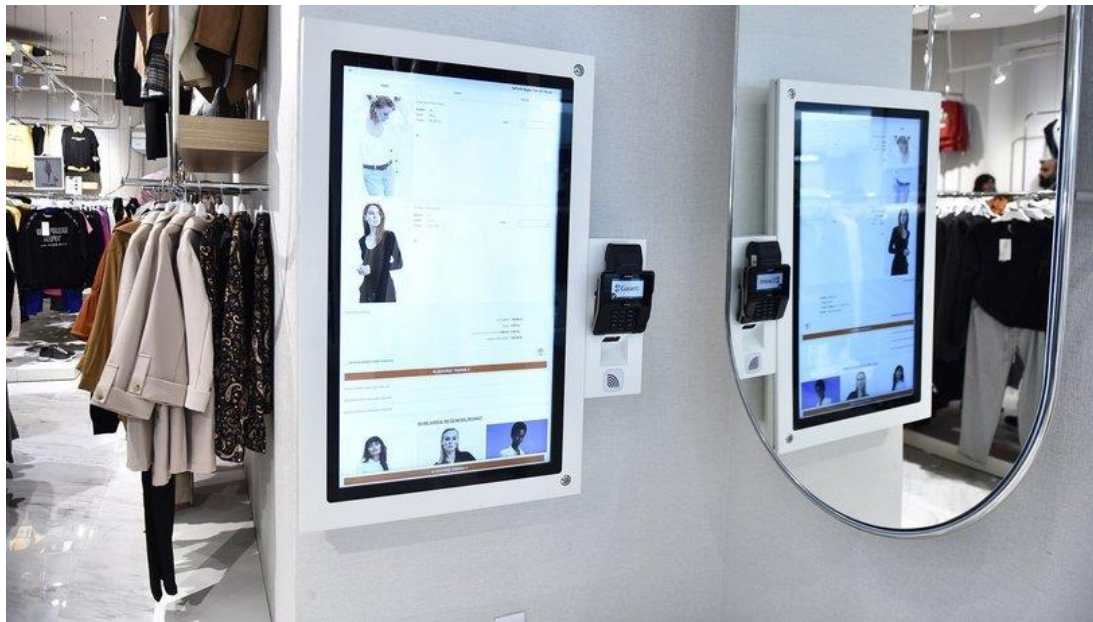
Geleneksel sistemle işleyen bir mağazada ürün sayımı üç çalışan ile 2-3 saatte yapılabilmektedir. Ancak RFID teknolojisine sahip bir mağaza tüm ürünleri 5 dakikalık aralıklar ile düzenli olarak 2-3 dakikada sayabilir. Defacto'nun da kullandığı bu sistemde ürün sayımı e- ticaret stokları ile kıyaslanır. Mağazada yer alan herhangi bir ürünün stoku 5'in altına indiği an mağaza müdürüne durum bildirilir ve muadilleri ile mağazadan o ürünün kaldırılması istenir. Bunun sebebi de akıllı mağaza stokunun e-ticaret sitesi stokundan karşılanmasıdır. Aynı anda hem mağazadan hem de site üzerinden satışı yapılan ürünün tükenmiş olarak görünmesi müşteri memnuniyetsizliğine neden olmasının önüne geçilmek istenir.

Defacto'nun akıllı mağazası 360 derecelik görüntü alabilen kameralar ile donatılmıştır. Mağaza içerisine hangi kapıdan hangi saatlerde kaç kişinin girdiği, ilk girişte hangi standaya gittiği ve kaç dakika orada durakladığı verileri elde edilebilir. Kamera verilerinden elde edilen sonuçlardan bir diğeri de mağaza tasarım ve düzeninin kadın müşterilere yönelik olmasıdır. Kadınların yalnızca kadın ve çocuk reyonlarında değil aynı zamanda erkek reyonlarında da dolaşarak alış-veriş yaptığı kamera sistemlerinden elde edilen veriler ile saptanmıştır. Bu durum, satıştan maksimum verimin alınabilmesi için erkek reyonlarının da kadınlara hitap edecek şekilde dekore edilmesi gerektiği verisini verir.

Alış-verişin yapıldığı akıllı kiokslardan elde edilen satış verileri ile müşteri talep ve istekleri ölçülür. Burada müşterinin seçtiği ürüne bakma süresi, o ürün ile kullanılabilecek alternatif ürün seçeneklerine tıklayıp tıklamadığı, bakıp geri mi çıktığı, satın aldı ya da

almadı verileri arka planda büyük veriyi oluşturur. Bu veri doğrultusunda hangi gün, hangi saatte, hangi ürüne, hangi cinsiyetten, kaç yaşındaki bireylerin satın aldığı verisi de elde edilir. Büyük veriyi kullanan makine öğrenmesi sonraki satış döneminde için planlama olasılıkları geliştirebilir.

Akasya mağazası ve geçici Balıkesir mağazasındaki kiokslar, Defacto Teknoloji’de (Defacto’nun kardeş şirketi) çalışan yaklaşık 250 Türk mühendisin tasarımıdır. Bu tasarım kiokslara entegre edilen POS cihazı ile ödeme yapabilmeyi olanaklı kılan bir teknolojidir. Aynı zamanda tüm yazılım ve website tasarım işlemleri Defacto Teknoloji tarafından yapılmaktadır.



Görsel 46. Defacto kioksları (<https://www.haberturk.com/turkiyedeki-ilk-akilli-moda-magazasi-acildi-2527007-ekonomi>)

Bu mağaza örneği ile yurt içi ve yurt dışından ödülleri alan Defacto ekibi, Türkiye Cumhuriyet’i tarafından da teşekkür almıştır. Dünyada bu anlamda açılan 3 örnekten biridir ve açıldığı dönemde Avrupa - Orta Doğu’da herhangi bir örneği yoktur.

3.5.2.2. Mağazanın Duraklama Dönemi: Covid-19 Salgını ve Pazarlama Stratejisi

Covid-19 salgını ve mağaza tasarımcısının şirket ile olan ilişkisinin sonlanması neticesinde bugün, ilk formatı olan akıllı mağaza statüsünden daha farklı bir noktadır. İçeride ürün

sayısının kısıtlı oluşu, kioksların varlığının devam etmesi, RFID teknolojisi ile ürün sayımı yapılmaktadır ancak içeride yüz yüze satışın başlaması ile insansız formundan uzaklaşıldığını göstermektedir.

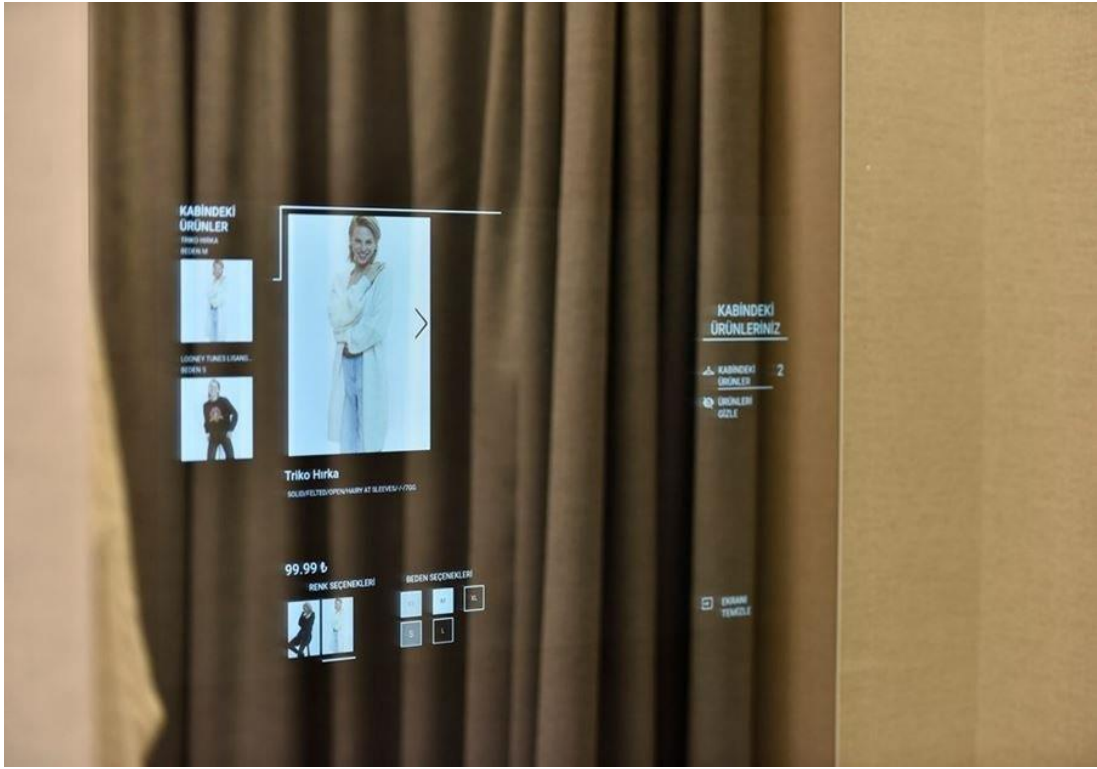
Mağaza ilk açıldığında beklenen satış oranına ulaşabilmiştir. Tutmamasını gerektirecek herhangi bir durum yoktur. Ancak Covid-19 pandemisi durum koşullarını zorlamıştır. Pandemi sürecinde kısıtlı süre açık kalan alışveriş merkezlerini ziyaret eden müşterileri akıllı mağazaya çekecek satış stratejileri belirlemesi gerekmektedir. Yanlış pazarlama yöntemi mağazaya olan talebi azaltmış ve beklenen satış yüzdelere ulaşamamasını sağlamıştır. Bunun nedeni, müşteriye satın almada değer önermesinin poşetsiz alışveriş şeklinde sunulmasıdır. İstedik kadar ürün al, elin boş çıkacaksın gibi yanlış pazarlama stratejisinden dolayı mağazaya olan talep azalmıştır. Esas dikkat çekilmesi gereken noktanın; 200 metrekarelik bir mağazada 1200 metrekarelik bir mağazanın sahip olduğu ürün çeşitliği, yüksek moda hizmeti, iki milyonluk ürün stoku, internetteki kampanyalar, her zaman en iyi fiyat bu mağazada yer alır değer önermeleri müşteriye sunulmalıdır.

Salgın koşulları ve hatalı pazarlama stratejileri onu tam anlamıyla akıllı mağaza olmaktan hybrid sistemle çalışan bir mağaza haline getirmiştir.

3.5.2.3. Son Dönem: Defacto Hybrid Mağazası

Defacto'nun akıllı mağazasından bugün hem fiziksel hem de kiokslar üzerinden alışveriş yapılabilir. Geleneksel yöntem ile fiziksel alışverişin olması müşterilerin kiokslardan alışveriş yapma oranını düşürmüştür. Müşteriler, fiziksel alışveriş seçeneği var iken sanal alışverişini deneyimlemeye çekimser yaklaşmaktadırlar.

Yarı otomatik işleyen mağaza, hızlı ürün sayımı ve bilgi edinme için RFID, görsel verileri toplamak için akıllı ayna, kioks makineleri, nesnelerin interneti ve kamera sistemi ile çalışmaktadır.



Görsel 47. Defacto akıllı ayna sistem görseli (<https://www.markolix.com/haber/defacto-akilli-magaza-konseptini-akasya-avmde-hayata-gecirdi>)

3.5.2.4. İdeal Akıllı Mağaza Tasarımına Doğru

Defacto, İstinye Park Alışveriş Merkezi'nde bir akıllı mağaza açma girişiminde bulunmak istiyor. Akasya Alışveriş Merkezi mağazasında öğrenilip tecrübe edilen hatalardan kaçınarak; bazı yeni teknolojilerle de desteklenen mağaza ileriki süreçte hayata geçirilebilir.

Ancak bugünün beklentisi yurt dışında bir akıllı giyim mağazası açmaktır. Amerika, Avrupa ülkeleri, Güney Asya ve Singapur gibi insanların bu tip teknolojilere aşina olduğu yerler sıralamada öncelikli olarak düşünülmektedir.

Açılmak istenen mağazanın modellemesini yapmak adına bir pop-up¹³ mağaza kısa süre o bölgeye akıllı mağaza sistemiyle hizmet verecek ve gerekli olan veriyi elde edecektir. Bu hem kalıcı mağazanın açılmasında hem de bölgede yaşayan halkın Defacto'nun e- ticaret portalına yönlendirmesi sağlayacaktır.

¹³ İşlek bir cadde ya da alışveriş merkezinde geçici süre ile açılan mağaza

Planlaması yapılan bu mağaza 3 katlı 1300 metrekarelik ve merkezi bir konumda yer almaktadır. Tamamen self- servis şeklinde tasarlanan bu sistemde müşteri kendi ürününü seçip deneyecek, satın alma işlemini gerçekleştirecek ve ürün alarımını söküp mağazadan ayrılabilir. Ayrıca satın alacağı ürün ile ilgili tüm bilgilere sahip olabileceği dijital portal o sistem için özel olarak geliştirilen kiokslara entegre edilecektir.

SONUÇ

Yapay zekâ, “Makineler düşünebilir m?” sorgulamasına dayanan zeki makineler ya da zeki bilgisayar programlarını tasarlama ideali ile yürütülen çalışmaların yapıldığı bilim ve mühendislik disiplindir. Yapay zekâ insana ait düşünsel ve davranışsal hareketlerin belirli bir uzmanlık alanı çerçevesinde taklidinin oluşturulması esasına dayanır. Yapay zekâda uzman sistemler olarak ele alınan bu yöntem, alanında uzman birinin bilgi sunuşunu bilgisayar teknolojilerinde uygulanabilir kılma üzerine geliştirilmiştir. İnsan zekâsı çalışma prensibinin taklidi olan yapay zekâ, yapay sinir ağları ile öğrenen makinelerin tasarlanabilmesi üzerine yapılan çalışmalar neticesinde düşünen ve çıkarım yapabilen makine-bilgisayarlar hayata geçirilebilmiştir. Bilgisayar teknolojilerine entegrasyonu sağlanan yapay sinir ağları yani yapay zekâ uygulamaları laboratuvar ortamından çıkararak mühendis disiplinlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

Makine öğrenmesi, derin öğrenme, veri bilimi yapay zekânın alt çalışma prensiplerini oluşturan kavramlardır. Akıllı cihazların geliştirilebilmesi için makine öğrenmesine, kendi kendine çıkarım yaparak öneri sunabilmesi için de veri bilimine ihtiyaç duyar. Yapay zekâ savunma sanayisi, tıp, üretim, otomasyon, robot teknolojilerinde kullanıldığı gibi sosyal hayatın bir parçası olan süpermarket ve giyim mağazalarında da kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması içerisinde moda sektöründe yer alan farklı bölgelerde bulunan dört giysi mağaza modeli ve bir süpermarket uygulaması örneği incelenmiştir.

Yapay zekâ ve yapay sinir ağ sistem çalışmalarında öncü konumda yer alan Amerika merkezli başlayan bu uygulamalar yerini kişisel hak ve özgürlüklere daha fazla saygı duyan Asya ülkelerine doğru kaymıştır. YZ sistemli çalışan teknolojileri birbirine entegre etme, geliştirme ve insan hakları farkındalığı ile hareket etmesi Japonya’yı dünyadaki diğer giyim sektöründe yer alan mağazalar içerisinde Full olarak nitelendirilebilecek tek akıllı mağaza konumuna taşır.

Rebecca Minkolf, Defacto, Uniqlo ve Mango’nun akıllı mağazaları kullandıkları etkileşimli aynalar ile müşteri tercihlerinin haritasını çıkararak onların sonraki adımda makine öğrenmesi yardımıyla nasıl ürünlerden hoşlandıklarını bilecek; veri bilimi ile depoladığı bilgilerden hareket ederek ona uygun seçenekleri e-posta, kısa mesaj, reklam gibi uyarıcılarla hatırlatacaktır. Bu işlemin gerçekleşebilmesi için bireyin kendi ile ilgili tüm izinleri vermiş olması gerekmektedir. Amerika bu tip izinleri genel çerçevede alırken

Avrupa ve Asya ülkeleri izinleri her aşamada ayrı ayrı alarak bireyin kişilik haklarını gözetmektedir. Türkiye’de Avrupa ülkelerinin kullandığı yöntemi benimseyerek bireylerin kişisel haklarını çiğnmeden, bireyden izin alsın ya da almasın onun biyometrik verilerini elde edememektedir.

Yapay zekâ sistemlerinden en iyi sonuçları elde edebilmek için düzenli veri akışının sağlanması gerekmektedir. Veri hacmi ne kadar geniş ise öğrenilmek istenen bilgilere de doğruya en yakın cevapları almak mümkündür. Akıllı mağazalarda da müşterilere yöneltilecek önerilerin en doğru sonucu verebilmesi o akıllı mağazayı ne kadar müşterinin ziyaret ettiği ve ürün satın alması ile ilişkilidir. Satın alma olsun olmasın akıllı mağaza içerisinde yer alan bir müşterinin tüm hareketleri takip edilerek ona ilişkin veriler toplanır. Bu veriler ışığında sonraki dönemlerde nasıl ürün geliştirilmesi ya da satış planlaması yapılması gerektiğine ilişkin mağaza sahipleri çıkarımda bulunabilir.

Müşterilere yöneltilecek ürün seçenekleri ya da indirim gibi geri dönüşler onlar için olumlu bir düzeyde değerlendirilebilecek olsa da elde edilen tüm veriler müşterilerin kişisel hak ve bilgi gizliliğini içerir. Ancak müşterilerin kişisel verileri her koşul ve şartta korunamayacağı için yapay zekâ teknolojilerinin hangi yöntem ve araçlar ile kullanılması gerektiğinin kesin olarak belirlenmesi gerekir.

KAYNAKÇA

Agar, J. (2020). What is science for? The Lighthill report on artificial intelligence reinterpreted. *The British Journal for the History of Science* 53(3):1-22. DOI: 10.1017/S0007087420000230

Aiken, H. H. and Grace Murray Hopper, "The Automatic Sequence Controlled Calculator," *Electrical Engineering*, Vol. 65, 1946, pp. 384-391, 449-454, 552-528.

Alboaneen, D. A., Alsaffar D., Alateeq A., vd. (2020). Internet of Things Based Smart Mirrors: A Literature Review. : <https://www.researchgate.net/publication/340428665>

Alışkan, İ. (2006). Mikroişlemci Kullanılarak Neuro - Fuzzy Proses Kontrol Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Alimovski, E. (2019). Derin Öğrenmeye Dayalı Güçlü Yüz Tanıma Sistemi İçin Gan ile Veri Çoğaltma. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.

Alkış, A. ve Şahin, C. Üç Boyutlu Silüet Çalışmalarında CBS Yaklaşımı III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 – 13 Ekim 2010, Gebze – Kocaeli.

Andrews, E. G. (1951, December). A review of the Bell Laboratories' digital computer developments. In *Papers and discussions presented at the Dec. 10-12, 1951, joint AIEE-IRE computer conference: Review of electronic digital computers* (pp. 101-105)

Atalay, M. ve Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22), 155-172. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/387269>. Erişim Tarihi: 10.06.2022

Ateş, E. (2019). Derin Öğrenme ile Sesli Komut Tanıma. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Awad, M., Khanna, R. (2015). Machine Learning. In: *Efficient Learning Machines*. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4302-5990-9_1

Aydın, Ö. (2005). Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bashe, Johnson, Palmer, Pugh, IBM's Early Computers, MIT Press, 1986

Bayır, F. (2006). Yapay Sinir Ağları ve Tahmin Modellemesi Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bingöl, B. (2018). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Arttırılmış Gerçeklik (AG). Üsküdar Üniversitesi İletişim Fakültesi Akademik Dergi, 1 (1), ss. 44 – 55. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/710133>. Erişim Tarihi 27.01. 22.

Bojarski, M. Jackel, L. Muller, U. ve Firner B. (2017). Explaining How End-to-End Deep Learning Steers a Self-Driving Car. <https://developer.nvidia.com/blog/explaining-deep-learning-self-driving-car/>

Bourke, J. (2021). Tesco tech play: Supermarket giant launches checkout-free GetGo store in London. <https://www.standard.co.uk/business/leisure-retail/tesco-tech-play-supermarket-giant-launches-checkout-free-getgo-store-in-london-high-holborn-b961123.html>. Erişim Tarihi: 22.06.2022

Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "Seymour Cray". Encyclopedia Britannica, 1 Oct. 2022, <https://www.britannica.com/biography/Seymour-R-Cray>. Accessed 10 February 2023.

Brodbeck, L. Hauser, S. Iida, F. (2015) Morphological Evolution of Physical Robots through Model-Free Phenotype Development. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128444>

Broomhead, D.S. and Lowe, D. (1988) Multi-Variable Functional Interpolation and Adaptive Networks. Complex Systems, 2, 327-355.

Campbell, M., Hoane Jr, A. J., & Hsu, F. H. (2002). Deep blue. Artificial intelligence, 134(1-2), 57-83. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(01\)00129-1](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(01)00129-1). (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004370201001291>)

Cass, S. (2018). Chip Hall of Fame: Intel 4004 Microprocessor The first CPU-on-a-chip was a shoestring crash project. <https://spectrum.ieee.org/chip-hall-of-fame-intel-4004-microprocessor#toggle-gdpr>

Chamberlain, L. (2017). Rebecca Minkoff And The ‘Store Of The Future’. <https://geomarketing.com/rebecca-minkoff-and-the-store-of-the-future> Erişim Tarihi: 20.06.2022

- Copeland, B. (2022). Artificial Intelligence. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>. Erişim Tarihi: 10.06.2022
- Copeland, B.J.. "Alan Turing". Encyclopedia Britannica, 24 Apr. 2023, <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>. Accessed 3 May 2023.
- Copeland, B.J.. "Colossus". Encyclopedia Britannica, 16 Aug. 2017, <https://www.britannica.com/technology/Colossus-computer>. Accessed 23 April 2023.
- Çalışan, M. (2013). Termal Kamera Görüntülerinin İyileştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çalışan, M., & Türkoğlu, İ. Termal Kameralar ve Uygulamaları. [https://www.bingol.edu.tr/documents/Termal%20Kameralar%20ve%20Uyugulamalar%C4%B1%20\(FEEB\).pdf](https://www.bingol.edu.tr/documents/Termal%20Kameralar%20ve%20Uyugulamalar%C4%B1%20(FEEB).pdf). Erişim Tarihi 17.05.2022.
- Çelik, Z. ve Aydın, İ. (2021). Tüketicilerin Fiziksel Mağaza Alışverişlerinde Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Olarak Akıllı Ayna Kullanmasının Davranışsal Niyete Etkisi. İşletme Araştırmaları Dergisi, 13(4), 3573-3585.
- Dennis, Michael Aaron. "Jack Kilby". Encyclopedia Britannica, 4 Nov. 2022, <https://www.britannica.com/biography/Jack-Kilby>. Accessed 17 February 2023.
- Dennis, Michael Aaron. "Robert Noyce". Encyclopedia Britannica, 8 Dec. 2022, <https://www.britannica.com/biography/Robert-Noyce>. Accessed 16 February 2023.
- Dick, S. (2019). Artificial Intelligence. Doi: 10.1162/99608f92.92fe150c.
- Doel, E. R. ve Söderqvist, T. (Ed.) (2006). The Historiography of Contemporary Science, Technology, and Medicine Writing recent science. Routledge.
- Dökmetaş, G. (2021) <https://www.lojikprob.com/elektronik/dijital-elektronik-8-mantik-kapilari/>
- Dönmez, S. C. & Erkılıç, H. (2018). 360 Derece Sanal Gerçeklik Uygulamalarını Sinema Kuramı Üzerinden Okumak Mümkün Mü? Mersin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2 (1), 40-56. <https://dergipark.org.tr/en/pub/meusbd/issue/43724/495746> Erişim Tarihi: 04.18.2022 Erişim Tarihi: 23.05.2022
- Etzioni, O., Banko, M., & Cafarella, M.J. (2006). Machine Reading. AAAI Conference on Artificial Intelligence. <https://aaai.org/papers/0001-machine-reading/>

Facebook buys Israeli facial recognition firm Face.com (2012)
<https://www.bbc.com/news/technology-18506255>

Fadıloğlu Işık, A. (2013). Sensör Çeşitleri, Robotik Alanda Kullanılan Sensörler ve FSR Sensör Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Fara, P. (2012), Bilim Dört bin Yıllık Bir Tarih, (Çev. A. Babacan), İstanbul: Metis Yayınları.

Fei-Fei Li ve Li, J. (2018). Cloud AutoML: Making AI accessible to every business.
<https://blog.google/products/google-cloud/cloud-automl-making-ai-accessible-every-business/>

Frank da Cruz, The IBM 608 Calculator, Columbia University Computing History.
<http://www.columbia.edu/cu/computinghistory/608.html>

Fukushima, K. (1980). Neocognitron, A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. Biol. Cybernetics 36, 193–202. <https://doi.org/10.1007/BF00344251>

Gabay, M. (2021). Announcement: 100% Autonomous Tesco Express Grocery Store in Central London. <https://www.trigoretail.com/announcement-100-autonomous-tesco-express-grocery-store-in-central-london/>. Erişim Tarihi: 22.06.2022

Gates, Bill. (1993). "NATIONAL MUSEUM OF AMERICAN HISTORY Bill Gates interview" <https://americanhistory.si.edu/comphist/gates.htm#tc12>

Ghosh, P. (2015). Robots learn to evolve and improve. <https://www.bbc.com/news/science-environment-33867941>

Glenn Hinton et al., A 0.18-um CMOS IA-32 Processor With a 4-GHz Integer Execution Unit, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol 36, No 11, Nov 2001.

Goldstine, H. H., & Goldstine, A. (1946). The electronic numerical integrator and computer (eniac). Mathematical Tables and Other Aids to Computation, 2(15), 97-110.
https://www.jstor.org/stable/2002620?seq=2#metadata_info_tab_contents

Gomathy, C.K., Venkata Narayana, R., Giridhar Reddy, T. (2021). A Smart Mirror Using Raspberry Pi Based on IOT, International Research Journal of Engineering and

Technology (IRJET), 8 (10) <https://www.researchgate.net/publication/360106339>. Erişim Tarihi: 26.05.2022

Gülşen, İ., ve Özdemir, Ş. (2018). Perakendecilikte teknolojik yenilikler ve uygulamalar. Pazarlama Teorisi ve Uygulamaları Dergisi, 4(1), 869-876. <http://betadergi.com/patu/yonetim/icerik/makaleler/49-published.pdf>. Erişim Tarihi: 25.06.2022

Hall, M. (2023). Intel. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/Intel>

Hayes, B. (2015). Computing Science: Computer Vision and Computer Hallucinations. American Scientist, 103(6), 380–383. <http://www.jstor.org/stable/43707319>

Hossain, M.A., Atrey, P.K. ve El Saddik, A. (2007). Smart Mirror for Ambient Home Environment. 2007 3rd IET International Conference on Intelligent Environments. Doi: 10.1049/cp:20070431.

Howison, T., Hauser, S., Hughes, J., & Iida, F. (2020). Reality-assisted evolution of soft robots through large-scale physical experimentation: a review. Artificial Life, 26(4), 484-506

https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/mainframe/mainframe_PP1401.html

https://www.ibm.com/ibm/history/exhibits/vintage/vintage_4506VV2214.html

<https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/system360/impacts/> 20.02.2023

IBM Archives: IBM 608 calculator. www.ibm.com. 06.01.2023

İçen, D. ve Günay, S. (2014).Uzman Sistemler ve İstatistik. İstatistikçiler Dergisi:İstatistik&Aktüerya.<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/460646#:~:text=Uzman%20sistemler%2C%20%C3%B6zel%20bir%20alanda,olarak%20ger%C3%A7ekle%C5%9Ftirilebilmesi%20amac%C4%B1yla%20s%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClen%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9Fmalard%C4%B1r>.

İçten, T. Ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10 (4) , ss. 401-415. Doi: 10.17671/gazibtd.290253.

Introduction to Xuedong Huang; Alejandro Acero; Alex Acero; Hsiao-Wuen Hon (2001). Spoken language processing. Prentice Hall. ISBN 978-0-13-022616-7.

- İpek, A. R. (2020). Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik ve Karma Gerçeklik Kavramlarında İsimlendirme ve Tanımlandırma Sorunları, *İdil* 71. ss. 1061–1072. Doi: 10.7816/idil-09-71-02.
- K. Lundberg and V. Pereverzev, "Virtual differential analyzer reconstruction," *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 25, no. 3, June 2005 Technology and Culture
- Karaduman, T. (2019). *Yapay Zekâ Uygulama Alanları*. Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Adli Bilişim. ABD.
- Katzman, J.A. (1997). "The Tandem 16: A Fault-Tolerant Computing System" https://tcm.computerhistory.org/ComputerTimeline/Chap29_tandem16_CS2.pdf
- Keskenler, M. F. ve Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 5(2), 8-18.
- Kirkpatrick, J., Pascanu, R., Rabinowitz, N., Veness, J., Desjardins, G., Rusu, A. A., ... & Hadsell, R. (2017). Overcoming catastrophic forgetting in neural networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 114(13), 3521-3526. <https://doi.org/10.1073/pnas.1611835114>
- Kleinman, J. ve Vallance, C. (2023). AI 'godfather' Geoffrey Hinton warns of dangers as he quits Google. <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-65452940>
- Koyuncu, M. (2015). Çağdaş Zihin Felsefesinde Yapay Zekâ Tartışmaları-Turing Testi ve Yansımaları. IV. Türkiye Lisansüstü Çalışmalar Kongresi, 19.
- Lash, Bob. "Memoir of a Homebrew Computer Club Member" <http://www.bambi.net/bob/homebrew.html> Erişim Tarihi: 15.04.2023.
- Mahoney, M. S. (1987). [Review of IBM's Early Computers, by C. J. Bashe, L. R. Johnson, J. H. Palmer, & E. W. Pugh]. *Isis*, 78(1), 114–115. <http://www.jstor.org/stable/232761>
- Maulana, F., Nixon, Putra, R. P. and Hanafiah N. (2021). "Self-Checkout System Using RFID (Radio Frequency Identification) Technology: A Survey," 2021 1st International Conference on Computer Science and Artificial Intelligence (ICCSAI), 2021, pp. 273-277. Doi: 10.1109/ICCSAI53272.2021.9609762
- McCartney, S. (1999). *ENIAC: The triumphs and tragedies of the world's first computer*.

Milnes, H. (2015). How Tech in Rebecca Minkoff's Fitting Rooms Tripled Expected Clothing Sales. <https://digiday.com/marketing/rebecca-minkoff-digital-store/>. Erişim Tarihi: 20.06.2022

MIT Resource Development. (2001). MIT team building social robot. <https://news.mit.edu/2001/kismet>

Moorthy, R., Behera, S. ve Verma, S. (2015). On-shelf Availability in Retailing. *International Journal of Computer Applications*, 115(23). Doi: 10.1.1.695.7859

Nilges, E. G. (2007). <http://www.columbia.edu/cu/computinghistory/1401.html>.

Nitta, T. (2003). Solving the XOR problem and the detection of symmetry using a single complex-valued neuron. *Neural Networks*, 16(8), 1101-1105.

Nott, G. (2021). Tesco launches checkout-free store GetGo in central London. <https://www.thegrocer.co.uk/tesco/tesco-launches-checkout-free-store-getgo-in-central-london/660936.article>. Erişim Tarihi 22.06.2022

Ok, F., Can, M., Üçgün, H., & Yüzgeç, U. (2017). Smart Mirror Applications with Raspberry Pi. In 2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK) (pp. 94-98). IEEE.

Olanoff, D. (2016). Apple Dives Deeper Into Artificial Intelligence By Acquiring Emotient. <https://techcrunch.com/2016/01/07/apple-dives-deeper-into-artificial-intelligence-by-acquiring-emotient/>

Optex Sensing Innovation, <https://www.optex.co.jp/e/products/intrusion-detection/passivesensor/vxs-series.html> Erişim Tarihi: 25. 06. 2022.

Owens, L. Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer. *Technology and Culture* , Vol. 27, No. 1, January 1986, ppE. G. Andrews. 1951. A review of the Bell Laboratories' digital computer developments. In Papers and discussions presented at the Dec. 10-12, 1951, joint AIEE-IRE computer conference: Review of electronic digital computers (AIEE-IRE '51). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 101–105. <https://doi.org/10.1145/1434770.1434787>

Öğücü, M. O. (2006). Yapay sinir ağları ile sistem tanıma (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü),.

Özçelik, G., Ayşan, Y., Kart, Ö., Kut, A., & Yılmaz, R. (t.y.) “Akıllı Giyim Kabini Sistemi” <https://ab.org.tr/ab15/bildiri/474.pdf>. Erişim Tarihi 28.06.2022

Özdemir, N. C., Hürses, İ. ve Özgün, Y. “İnsan Odaklı Hareket ve Varlık Algılama Sensörleri” https://www.emo.org.tr/ekler/b99e1cdf4361091_ek.pdf. Erişim Tarihi: 26.05.2022

Özdoğan, O. (2018), Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarı, İstanbul: Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.

Öztürk, K. ve Şahin, M. E. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ’ya Genel Bir Bakış. Takvim-i Vekayi, 6(2), 25-36.

Öztürk, K. ve Şahin, M. E. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ’ya Genel Bir Bakış. Takvim-i Vekayi, 6(2), 25-36. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/596690> Erişim Tarihi: 10.06.2022

Peskett, J. (2016). The Self-Service Revolution Causing QSRs to Rethink Kitchen Design. <https://www.foodserviceequipmentjournal.com/why-qsr-operators-are-turning-to-self-service-kiosks-to-maximise-output/>. Erişim Tarihi: 25.06.2022.

Polacco, A., & Backes, K. (2018). The Amazon Go Concept: Implications, Applications, and Sustainability. Journal of Business and Management, 24(1), 79-92.

Riordan, Michael. "transistor". Encyclopedia Britannica, 10 Dec. 2022, <https://www.britannica.com/technology/transistor>. Accessed 3 January 2023

Samuel, A. L. (1959). Machine learning. The Technology Review, 62(1), 42-45.

Schlesinger, J. (2017). Fashion Forward: How Rebecca Minkoff Uses Technology to Drive Triple-Digit Sales Growth. <https://www.cnbc.com/2017/09/09/how-rebecca-minkoff-uses-tech-to-drive-triple-digit-sales-growth.html>. Erişim Tarihi: 20.06.2022

Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber; Long Short-Term Memory. Neural Comput 1997; 9 (8): 1735–1780. doi: <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>

Serin, N. (1988). Entegre Devreler. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Mühendisliği Bölümü

Sethukkarasi, C., Harikrishnan, V.S. ve PalAmutha, K. (2016). Interactive Mirror for Smart Home. International Journal on Advances in Intelligent Systems, vol 9, no 1 and 2.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Interactive-Mirror-for-Smart-Home-Sethukkarasi-Harikrishnan/1742ffea0e1051b37f22773613f10f69d2e4ed2c#references> Erişim Tarihi: 25.05.2022

Sprankles, J. (2016). A cult favorite toy from the '90s is making a huge comeback with one major update.<https://www.businessinsider.com/furby-is-making-a-comeback-2016-7>

Söderqvist, T. (Ed.) (1997). *The Historiography of Contemporary Science and Technology*. Harwood Academic Publishers.

Sütçüler, E. (2006). Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma ve Tanıma Sistemi. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Teunter, R. H., Syntetos, A. A., & Babai, M. Z. (2017). Stock keeping unit fill rate specification. *European Journal of Operational Research*, 259(3), 917-925. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.11.017>. Erişim Tarihi: 22.06.2022

The BYTE Awards. BYTE. January 1989. p. 327 <https://archive.org/details/byte-magazine-1989-01/page/n361/mode/2up?view=theater>

Thompson, C. (2021). Why CAPTCHA Pictures Are So Unbearably Depressing.<https://onezero.medium.com/why-captcha-pictures-are-so-unbearably-depressing-20679b8cf84a>

Umbrello, S. (2021). AI Winter. In Michael Klein & Philip Frana (eds.), *Encyclopedia of Artificial Intelligence: The Past, Present, and Future of AI*. Santa Barbara, USA: ABC-CLIO. pp. 7-8.

Voulodimos, A., Doulamis, N., Doulamis, A., & Protopapadakis, E. (2018). Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7068349>. Erişim Tarihi: 20.06.2022

Weik, M. H. (1961). The ENIAC story. *Ordnance*, 45(244), 571-575 https://www.jstor.org/stable/45363261?read-now=1&seq=5#page_scan_tab_contents

Widrow, B., & Lehr, M. A. (1990). 30 years of adaptive neural networks: perceptron, madaline, and backpropagation. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1415-1442.

Winkler, R. Wakabayashi, D. ve Dwoskin, E. (2016). Apple Buys Artificial-Intelligence Startup Emotient. <https://www.wsj.com/articles/apple-buys-artificial-intelligence-startup-emotient-1452188715>

Winter, C. R., & Widrow, B. (1988, July). MADALINE RULE II: A training algorithm for neural networks. In Second Annual International Conference on Neural Networks (pp. 1-401)

Wozniak, S. "Homebrew And How The Apple Came To Be" https://www.atariarchives.org/deli/homebrew_and_how_the_apple.php

Wu, B., Tseng, W., Chen Y., Yao, S. and Chang, P., (2016). "An Intelligent Self-Checkout System for Smart Retail," 2016 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 2016, pp. 1-4, Doi: 10.1109/ICSSE.2016.7551621.

Yağcı, C., Gökçe, İ., Bozüyük, T. ve Akar, G. (2005).

Yalçın, N. ve Gürbüz, F. (2015). Biyometrik güvenlik sistemlerinin incelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(2), 398-413. <https://dergipark.org.tr/en/pub/dubited/issue/4810/66283?publisher=duzce>. Erişim Tarihi 25.06.2022

Yılmaz, A. (2020). Yapay Zekâ. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım Ltd Şti.: İstanbul.

Yılmaz, D. Ö. Ü. A., & YAYIN, K. (2021). Yapay Zeka. Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım Ltd. Şti.

Yorgancıoğlu, P. E. (2016). Birey ve Toplum Bağlamında Cinsel Kimliğe Bakışın" Sonsuz Döngü" Oyunu Üzerinden İncelenmesi. Sanat Dergisi, (26), 55-72.

Zedeli, A., R. (2021). Günümüz Kent Meydanlarında Etkileşim Yöntemi Olarak Kioks: İnteraktif Tasarım Uygulaması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.