



**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

5G TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMALARI

Yüksek Lisans Tezi

TUNCAY AKAR

İZMİR-2021

**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

**5G TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK ALANINDAKİ
UYGULAMALARI**

Yüksek Lisans Tezi

TUNCAY AKAR

DANIŞMAN: PROF. DR. SERHAT BURMAOĞLU

İZMİR-2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “5G Teknolojilerinin Sağlık Alanındaki Uygulamaları” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

11.11.2021

TUNCAY AKAR

İmza

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

5G TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMALARI

TUNCAY AKAR

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı

Kablosuz mobil teknolojideki son gelişmeleri içinde barındıran 5G teknolojisinin iletişim alanına ciddi katkı sağlaması beklenmektedir. Mobil iletişim alanında ortaya çıkması artımsal değişimlerin (incremental changes) bir benzerinin sağlık alanında da beklendiği söylenebilir. Özellikle gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tıbbi teknolojilerdeki gelişmelere bağlı olarak yaşam sürelerinin uzaması ile yaşlı birey sayılarında artış görülmektedir. Yaşlı birey sayılarındaki artış beraberinde kronik hastalık görülme oranında artışa neden olmaktadır. Kronik hastalıklı bireylerin sayısında yaşanan artışın sağlık hizmetine olan talebi arttırdığı bilinmektedir. Artan talep sağlık hizmet sunum modellerinde bir paradigma değişimini kaçınılmaz kılmaktadır. Değişimin ne kadar gerekli olduğu içinde bulunduğumuz Covid-19 pandemisi döneminde daha iyi anlaşılmıştır. Sistem ve çalışanlar üzerinde var olan yük Covid-19 salgınının eklenmesi ile birçok ülkede sağlık hizmetlerinin durma noktasına gelmesine neden oldu. Salgın döneminde sağlık çalışanlarının büyük bölümü Covid-19 hastalarının tedavisi ve yoğun bakım süreçleri ile ilgilenmiştir. Bununla birlikte kronik hastalıklar, akut hastalıklar ya da rutin kontroller için sağlık tesisi ziyareti gerçekleştirmek zorunda olan hastaların tedavi planlarında büyük aksaklıkların oluştuğu söylenebilir.

Mevcut 4G teknolojisinin kısıtlı özellikleri ile bu sorunların üstesinden gelmesi mümkün gözükmemektedir. Özellikle nesnelerin interneti kavramının sağlık sisteminde kullanımı ile milyonlarca giyilebilir cihaz ve sensör üzerinden oluşacak devasa sağlık verisinin gecikmesiz ve güvenli bir şekilde aktarımı 4G teknolojisinin sahip olduğu iletim kapasitesi açısından mümkün gözükmemektedir. Dokunsal

internet kavramı yaygınlaştığında hastaların uzak mesafelerden ameliyat olabilmeleri mümkün olabilecektir. Bu işlemlerin yapılması için gerekli düşük gecikme sürelerini 4G teknolojisi ile sağlamak imkân dâhilinde görülmemektedir.

5G teknolojisinin sağlık tesisi odaklı yaklaşımı değiştirerek uzaktan hizmet anlayışının benimsenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Mevcut sağlık sisteminde hastalıklar, oluştuktan sonra tedavi süreci sağlık tesislerinde gerçekleşmektedir. 5G teknolojisi ile bu yaklaşımın değişeceği ve proaktif bir yaklaşımın benimseneceği düşünülmektedir. Proaktif yaklaşımın başarılı olabilmesi için bireylerin sağlık verilerinin sürekli izlenmesi gerekir. Hastalıklar ortaya çıkmadan veya ortaya çıktıktan sonra izlem, teşhis ve tedavinin uzaktan yapılabilmesi, sistemin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Uzak mesafelerden sağlık hizmeti sunumunun gerçekleştirilebilmesi için gerekli altyapıyı 5G teknolojisinin karşılayacağı beklenmektedir. Uzak mesafelerden sağlık hizmet sunumunun etkili şekilde gerçekleştirilebilmesi sağlık tesislerin yoğunluğunu azaltırken kaynakların da daha etkili ve verimli kullanılmasına imkân sağlayacaktır.

Bu tez çalışmasının amacı, 5G teknolojilerinin sağlık alanında kullanılabileceği alanların bu teknolojinin yaratabileceği olumlu ve olumsuz yönleri de dikkate alınarak tespit edilmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için sistematik literatür taraması yöntemi sistematik patent taraması şeklinde uyarlanmış ve bilimsel patent dokümanları incelenmiştir. Veri tabanı olarak Lens veri tabanı seçilmiş, tarama sonucu erişilen veriler tam metin olarak indirilerek incelenmiştir. İnceleme sonucunda 5G teknolojilerinin sağlığın hangi alanına daha fazla katkı sağlayacağına anlaşılmasına ve bu teknoloji özelinde sağlık yatırımlarının hangi alanlara yapılması gerektiği konusunda farklı bir bakış açısı kazandıracığı düşünülmüştür. Çalışmada sağlık hizmetinin uzaktan sunulması alanında önemli değişimlerin yaşanacağına dair bulgular elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: 5G, bağlantılı sağlık, uzaktan sağlık hizmeti, giyilebilir teknolojiler, sistematik literatür taraması,

ABSTRACT

Master's Thesis

Application Areas of 5G Technology in The Health Field

TUNCAY AKAR

İzmir Kâtip Çelebi University

Graduate School of Social Sciences

Department of Healthcare Management Program

It is expected that 5G technology, which includes the latest developments in wireless mobile technology, will make a serious contribution to the field of communication. It can be said that incremental changes (incremental changes) that appear in the field of mobile communication are also expected in the field of health. Depending on the developments in medical technologies, especially in developed countries, there is an increase in the number of elderly individuals with the prolongation of life expectancy. The increase in the number of elderly individuals causes an increase in the incidence of chronic diseases. It is known that the increase in the number of individuals with chronic diseases increases the demand for health services. Increasing demand makes a paradigm shift in health service delivery models inevitable. The need for change is better understood during the current covid-19 pandemic period. The burden on the system and employees, with the addition of the covid-19 epidemic, caused health services to come to a standstill in many countries. During the epidemic, most of the health employees were interested in the treatment of covid-19 patients and intensive care processes. However, it can be said that there are major disruptions in the treatment plans of patients who must visit a health facility for chronic diseases, acute diseases or routine controls.

With the limited features of the current 4G technology, it does not seem possible to overcome these problems. Especially with the use of the concept of the internet of things in the health system, it does not seem possible in terms of the transmission capacity of 4G technology to transfer the gigantic health data that will be formed over millions of wearable devices and sensors without delay and securely.

When the concept of tactile Internet becomes widespread, it will be possible for patients to have surgery from a long distance. It is not possible to provide the necessary low latency times for these operations with 4G technology.

It is thought that 5G technology will contribute to the adoption of the concept of remote service by changing the healthcare facility-oriented approach. In the current health system, the treatment process takes place in health facilities after diseases occur. It is thought that this approach will change with 5G technology, and a proactive approach will be adopted. For the proactive approach to be successful, the health data of individuals must be constantly monitored. It is critical for the sustainability of the system to be able to monitor, diagnose and treat remotely before or after the disease occurs. It is expected that 5G technology will provide the necessary infrastructure for the delivery of health services from long distances. Effective delivery of health services from long distances will reduce the density of health facilities and enable more effective and efficient use of resources.

The aim of this thesis is to determine the areas where 5G technologies can be used in the field of health, considering the positive and negative aspects of this technology. To achieve this aim, the systematic literature search method was adapted as a systematic patent search and scientific patent documents were examined. Lens database was chosen as the database, and the data accessed because of the scan were downloaded and analyzed in full text. As a result of the review, it is thought that 5G technologies will provide a different perspective on understanding which area of health will contribute more and in which areas health investments should be made in this technology. In the study, findings were obtained that there will be significant changes in the field of remote delivery of health services.

Keywords: 5G, connected health, remote healthcare, wearable technologies, remote healthcare, systematic literature review

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER TABLOSU	ix
TABLolar LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. KABLOSUZ MOBİL İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE RİSKLERİ ... 3	
1. 1. Kablosuz Mobil İletişim Teknolojisi	4
1. 2. Kablosuz Mobil Teknolojinin Gelişim Süreci	5
1. 2. 1. Birinci Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji.....	5
1. 2. 2. İkinci Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (2G).....	6
1. 2. 3. Üçüncü Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (3G).....	6
1. 2. 4. Dördüncü Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (4G).....	7
1. 2. 5. Beşinci Nesil Mobil Teknoloji (5G).....	7
1. 2. 6. Nesnelerin İnterneti (IoT).....	12
1.3. 5G Teknolojisinin Riskleri.....	15
İKİNCİ BÖLÜM	20
2. SAĞLIĞIN DİJİTALLEŞMESİ VE 5G TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMALARI	20
2. 1. Dijital Sağlık	21
2. 2. 5G'nin Sağlık Alanındaki Uygulamaları	25
2. 2. 1. Uzaktan Tıbbi İzlem.....	27
2. 2. 2. Giyilebilir Teknolojiler	28

2. 2. 3. Uzaktan Tıbbi Müdahaleler	36
2. 2. 4. Tele-Robotik Cerrahi	37
2. 2. 5. Yetersiz Hizmet Alanlarında Tele-Cerrahi.....	38
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	42
3. YÖNTEM	42
3. 1. Sistemik Literatür Taraması.....	42
3. 1. 1. Arama Stratejisine Karar Verilmesi	45
3. 1. 2. Dahil Etme ve Hariç Tutma Kriterlerinin Belirlenmesi.....	46
3. 1. 3. Taramalar	47
3. 1. 4. Kalite Değerlendirme ve Verilerin Çıkarılması.....	48
3. 2. Sistemik Patent Taraması.....	49
3. 2. 1. Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi.....	52
3. 2. 2. Verilerin Grafıklara Aktarılması ve Analizi	60
3. 3. Gelecek Trendlerin Sağlık Fonksiyonları Özelinde Değerlendirilmesi.....	64
SONUÇ	66
TARTIŞMA.....	68
KAYNAKÇA.....	72

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 1: 5G teknolojisinin özellikleri	10
Şekil 2: Sağlığın 4P'sinin gösterimi	26
Şekil 3: Sistematik taramalarda dâhil etme kriterleri.....	44
Şekil 4: Duyarlılık ve kesinlik arasındaki ilişki.....	46
Şekil 5: Çalışmaya dahil edilen patentlerin elde edilme süreci	55
Şekil 6: Sınıflandırmanın şematik görünümü	60
Şekil 7: Yıllara Göre Patent Sayıları.....	61
Şekil 8: Patentlerin yetki alanları açısından gösterimi.....	62
Şekil 9: Patentlerin yıllara göre aldığı atıf sayıları	62
Şekil 10: Atıfların sağlık alanlarındaki dağılımı.....	64

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Veri tabanlarının özellikleri	51
Tablo 2: Patentlerin kategorizasyonu	56

KISALTMALAR LİSTESİ

- GSM** : Mobil İletişim İçin Küresel Sistem (Global System for Mobile Communications)
- SMS** : Kısa Mesaj Hizmet (Short Message Service)
- MMS** : Multimedya Mesaj Hizmeti (Multi-Media Message Service)
- 3D** : Üç Boyutlu (Three Dimension)
- IoT** : Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
- V2X** : Araçtan Herşeye İletişim (Vehicle to Everything)
- V2V** : Araçtan Araca (Vehicle to Vehicle)
- V2P** : Araçtan Yayaya (Vehicle to Pedestrian)
- AR** : Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
- VR** : Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)
- ITU** : Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunication Union)
- URLLC**: Ultra Güvenlik ve Düşük Gecikme (Ultra Reliability And Low Latency)
- eMBB** : Geliştirilmiş Mobil Geniş Bant (Enhancement Mobil Broadband)
- mMTC** : Büyük Makine Tipi İletişimi (Massive Machine Type Communication)
- UN** : Birleşmiş Milletler (United Nations)
- RFID** : Radyo Frekans Tanımlama (Radio Frequency Identification)
- CPS** : Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)
- LBS** : Konum Tabanlı Hizmetler (Location Based Services)
- DSÖ** : Dünya Sağlık Örgütü
- GPS** : Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
- CTSS** : Vatandaş Tele-bakım Hizmet Sistemi (Citizen Tele-Care Service System)
- FDA** : Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration)
- EPO** : Avrupa Patent Ofisi (European Patent Office)

WIPO : Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization)

NHS : Ulusal Sağlık Servisi (National Health Service)

ÖNSÖZ

Bu çalışma, 5G teknolojilerinin sağlık alanındaki uygulama alanlarının belirlenmesi amacıyla ortaya koyulmuştur. Çalışma Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışma sürecim boyunca başta ailem olmak üzere, özellikle tez yazım süreci boyunca karşılaştığım her zorlukta yanımda olan ve yolumu aydınlatan saygıdeğer tez danışman hocam Prof. Dr. Serhat BURMAOĞLU'na ve bu yola çıkmamda çok büyük emekleri olan ve desteğini hiç eksik etmeyen kıymetli bilim insanı Prof. Dr. Levent KIDAK hocama verdikleri destekler için sonsuz teşekkür ederim.

Tuncay AKAR

İzmir-2021

GİRİŞ

Teknolojinin birçok alanında olduğu gibi bilgi ve iletişim teknolojileri alanında da ilerlemeler yaşanmaktadır. Özellikle son dönemde hayatımıza girmesi beklenen 5G kablosuz mobil iletişim teknolojisi ile hayatın birçok alanında yıkıcı değişimlerin ortaya çıkacağı beklenmektedir (Rao & Prasad, 2018: 167–168). Mevcut 4G ile karşılaştırıldığında hız, kapsama alanı, bant genişliği ve gecikme süreleri gibi (fonksiyonlarda denebilir) muazzam iyileştirmeler yaşanması muhtemeldir. 5G teknolojisinin etkileri sadece iletişim altyapısı ile sınırlı kalmayarak, hayatın tüm alanlarını etkisi altına alması beklenmektedir 5G teknolojisi ile hayatımıza girecek olan IoT (nesnelerin interneti) gibi teknolojiler tüm çevremizdeki elektronik eşyaların birbiriyle bağlantı sağlayacağı anlamına gelen bir teknolojik yeniliktir. Bu durum çevremizde birçok akıllı cihazın var olduğu ve bunların birbiriyle iletişim kurmasının sağlanacağı bir yapıya işaret eder. 5G ile eğitim, ulaşım, sağlık, lojistik gibi birçok alanda verilen hizmetlerde devrimsel yeniliklerin oluşması kaçınılmaz olarak görülmektedir.

Dünyanın birçok yerinde yaşam süresi beklentisi geçmişe nazaran önemli ölçüde artış göstermiş ve bu artışla beraber yaşlı insan sayısında çarpıcı bir yükseliş trendi gözlenmiştir. Birleşmiş Milletler 'in yaptığı tahminlere göre, 2050 yılına kadar dünya üzerinde 2 milyar yaşlı insan olması beklenmekte, özellikle de önümüzdeki 20 yıl içinde gelişmiş ülkelerde 65 yaş üstü nüfusun toplam nüfusun %20'sini oluşturması öngörülmektedir (World Health Organization, 2011). 65 yaş üstü kişilerdeki kronik hastalık prevalansındaki artış göz önüne alındığında, yaşlıların sahip oldukları hastalıkları nedeniyle kendilerine bakmakta güçlük çekecek olması beklenen bir durumdur. Literatürde, bu durumun, küresel sağlık sistemi üzerinde aşırı baskı ve zorlukların oluşmasına katkıda bulunacağı genel kabul görmektedir. Sağlık sistemi üzerindeki bu baskı hizmetlerin ulaşılabilirliğinde, hızında ve kalitesinde önemli negatif değişimlere neden olacağı yönünde beklenti

oluşturmaktadır. Bahsedilen bu zorlukların üstesinden gelinmesinde inovatif dijital sağlık çözümlerine duyulan ihtiyacın gayet açık olduğu söylenebilir.

Sağlık sisteminde oluşan bu aşırı yükün sadece sağlık çalışanları ve sağlık kurumlarının fiziki altyapısı ile karşılanması mümkün görülmemektedir. Bu artışın karşılanması için yeni hizmet sunum yöntemlerinin geliştirilmesi gerekir. Özellikle hastanın sisteme entegre edilmesi ve hastalık yönetim sürecine pozitif katkı sağlaması gerekmektedir. Kronik hastalıkların sürekli doktor ya da hemşire kontrolleri için sağlık tesislerine ziyaret zorunluluğu düşünüldüğünde bireyin hastalığının yönetimine katılmasının ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bireylerin hastalıklarının yönetimine katılmaları hastalık takibinin gerçekleşebilmesi için sürekli olarak sağlık profesyonelleri ile iletişim halinde olmalarını gerekli kılmaktadır. Bu kadar yoğun sayıda bağlantı ve veri akışı ancak 5G kablosuz teknolojisi gibi bir teknoloji aracılığıyla gerçekleştirebileceği değerlendirilmektedir. 5G teknolojilerinin sağlayacağı eşsiz özellikle ile birçok sektörde yaratacakları devrimsel değişimlerden en önemli ve yıkıcı değişimlerden birini sağlık alanında yaratması muhtemel gözükmemektedir. 5G teknolojisi ile kullanımının artması beklenen en önemli kavram uzaktan sağlık hizmet sunumunun gerçekleştirilebilmesidir. Sağlıktaki bağlantılı olma kavramı bireylerin sağlık tesisi ziyaretlerinin ve sağlık sisteminin yükünün azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Bağlantılı sağlık kavramı ile hastaların izlem, teşhis ve tedavi gibi hizmetleri uzaktan alabilmesi 5G teknolojisi ile mümkün olacaktır.

Çalışmanın birinci bölümünde 5G teknolojisinin gelişim süreci, özellikleri ve güvenlik ve gizlilik riskleri hakkında detaylı açıklamalarda bulunulmuştur. İkinci bölümde sağlığın dijitalleşmesi ve 5G teknolojinin sağlığın hangi alanında ne tür değişimler yarattığına dair katkılar sunulmuştur. Son bölümde 5G teknolojilerinin sağlık alanında gerçekleştirdiği değişimlerin gözlenebildiği sistematik patent taramasına yer verilmiştir. Patent taraması sonucunda elde edilen bulgular üzerinden sağlık alanında 5G teknolojilerinin ne tür bir teknoloji deseni yaratabileceği hususunda objektif bir kurgu ile öngörülerde bulunulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. KABLOSUZ MOBİL İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ VE RİSKLERİ

Theodorson, iletişimi: “İletişim esas olarak simgeler aracılığıyla bir kişiden ya da gruptan diğerine (veya diğerlerine) bilginin, fikirlerin, tutumların veya duyguların iletimidir” şeklinde tanımlamaktadır (Çakır & Topçu, 2005: 72). İletişim kavramı insanlık tarihi boyunca hep çok önemli bir olgu olarak değerlendirilmiş ve bilim insanları ile düşünürlerin önem verdiği bir alan olmuştur. Özellikle son iki asırda iletişim teknolojileri alanında gerçekleşen gelişmeler sayesinde iletişimin sadece toplumsal düzlemde değil, bireysel alanda da hayatın tüm katmanlarına olan etkilerine tanık olmaktadır. Bu durum iletişimin bilim çevreleri yanında toplumsal ve bireysel açıdan da önem verilen konular arasında olmasına neden olmuştur (Güngör, 2018: 18–19).

İnsanoğlu varoluşundan beri çeşitli yöntemler, araç ve gereçlerle iletişim halinde olmuştur. İletişim tarihine bakıldığında belli bir döneme kadar iletişimin sağlanabilmesi için iletişim sağlayan aracın bizzat kendisinin taşınması gerekiyordu. Kil tabletler, hesap taşları, mektup gibi araçlar sürekli olarak bir yerden başka bir yere taşınmak zorundaydı. Özellikle elektriğin keşfedilmesi ile iletişim tarihinde bir dönüşüm yaşandı. Elektrik ile başlayan ve hızlanan teknolojik gelişmeler ile iletişimde ulaşım dayalı modelden iletme dayalı bir modele doğru geçişin yapıldığı ifade edilmektedir. İletme dayalı modele geçiş yapılmadan önce konuşan davullar, cilalanmış metallerle ışığın yansıtılması gibi yöntemler bu sürecin başlayacağını göstermiştir. Eski Yunan’da çok uzak mesafeler arasında alfabenin harflerini ifade eden meşale ışıkları kullanılarak kurulan bir iletişim sistemi mevcuttu. Gemiler ve gemi ile kara arasında bayraklarla iletişimin sağlandığı çeşitli yöntemler tarih boyunca kullanılmıştır (Karagülle & Çaycı, 2014: 1–9).

1. 1. Kablosuz Mobil İletişim Teknolojisi

İletişim teknolojilerinden bahsederken aynı zamanda iletişim konusundaki telefon, faks, telgraf, radyo, televizyon telsiz, bilgisayar, çağrı cihazı gibi teknolojileri çevreleyen bir durumdan bahsedilmektedir. Bu iletişim araçlarında meydana gelen değişimler toplumsal iletişim biçimleri üzerinde değişimlere neden olmuştur (Erdoğan & Alemdar, 2010: 25–34). H. Koçak'ın aktardığına göre McLuhan'ın “Teknolojik Determinizm” kuramı ile (1996) ifade ettiği gibi teknolojik değişimler ana başlığının alt başlığında iletişim teknolojilerinde meydana gelen gelişmeleri toplumsal yapıda meydana gelen değişimlerin tam ortasına yerleştirmektedir. Samuel Morse tarafından 1837 yılında keşfedilen telgrafın teknolojik araçların iletişim alanında kullanılmasına öncülük etmesi bu durumu açık bir biçimde göstermektedir (Koçak, 2011: 2–12). Bu nedenle telgrafın modern iletişim sistemlerinin başlangıcı olduğu literatürde yaygın olarak benimsenmiştir. Telgrafın kullanılmaya başlanması iletişimde, bilimsel ve teknolojik alanda yeni gelişmelerin oluşmasına neden olmuştur. Telgrafın keşfi ile başlayan ve 1990'lı yıllarda devam eden iletişim teknolojileri alanında ortaya çıkan gelişmeler yaşamın tüm alanlarında etkilerini göstermeye başlamıştır. Özellikle kablosuz teknolojilerdeki gelişmeler veri iletiminin önündeki mekânsal ve zamansal engellerin kalkmasına neden olmuştur (Karagülle & Çaycı, 2014: 1–9). Kablosuz teknolojiye hızlı gelişimin nedeni, iletişimde hareketlilik ve fiziksel bağlantılardan kurtulma, özgürleşme arzusu olarak ifade edilmektedir. Bu arzular kablosuz teknolojinin bu derece hızlı büyümesini açıklamak için kullanılmaktadır (Donald C. Cox, 1995: 20–21).

İletişimi kablolardan kurtararak iletişimin önündeki engelleri kaldıran bilim insanı Guglielmo Marconi, kablosuz iletişiminin öncüsü olarak bilinmektedir. Marconi 1874 tarihinde elektro manyetik dalgalar kullanarak sinyalleri 100 metre ileriye iletmeyi başardığı bilinmektedir (Singal, 2010: 347–400). Kablosuz iletişim yıllar boyunca gelişimini sürdürmüş ve alanda yaşanan değişim ve gelişmeler ile birlikte günümüze kadar evrimsel bir süreç içerisinde olmuştur (Dahiya, 2017: 7–9). Kablosuz teknoloji, en hızlı büyüyen ve en dinamik sektörlerden biri olarak değerlendirilir (Garg, 2014: 186–193). Kablosuz teknolojinin gelişimi, insanların hem iş operasyonlarında hem de sosyal işlevlerinde iletişim kurma ve yaşama

yeteneklerinin gelişimine katkı sağlar (Wang vd., 2014: 122–130). Yaşanan bu gelişmeler ile kablosuz teknolojilerin insan yaşamına farklı bir boyut kazandırdığı değerlendirilmektedir (Sahoo vd., 2014: 108–112).

1. 2. Kablosuz Mobil Teknolojinin Gelişim Süreci

1973 yılında ilk kablosuz telefon ile başlayan kablosuz mobil iletişim süreci, cep telefonu kullanan popülasyondaki patlama ile her yerde ve her zaman bağlantılı olma fikri sayesinde gelişme göstermiştir (Singal, 2010: 347–400). Günümüzün hâkim insan merkezli iletişim senaryolarının, gelecekte iletişimdeki makine sayısındaki muazzam artışla gelişimini tamamlayacağı tahmin edilmektedir (Osseiran & Monserrat, 2016: 21–23). Kablosuz mobil teknolojilerde gelişim aşamalarını ifade etmek için “*nesil-generation*” kelimesini kullanarak kategorize edilmektedir (P. Gupta, 2013: 152–157). Kablosuz mobil nesil (G), genellikle sistemin doğasındaki bir değişimi, hız, veri kapasitesi, gecikme süreleri, frekans aralığı ve benzeri her bir nesilde bir öncekinin sahip olduğundan farklı yetenekler, yeni teknik ve özellikleri taşıyan teknolojik gelişim sürecidir (Lopa & Vora, 2015: 281). Tarihsel süreçte ağ gelişimlerini yakından ilgilendiren temel süreçler aşağıda detaylı olarak sunulmuş ve gelişim süreçleri ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

1. 2. 1. Birinci Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji

Birinci nesil mobil kablosuz teknoloji (1G) ilk olarak Amerika’da kullanıma başlamıştır. 1G ilk nesil kablosuz mobil teknoloji 2.4 Kbps (kilobit per second) kadar veri indirme hızı sağlamaktaydı. 1G temelde ses iletiminin sağlanması için tasarlanmış analog iletim teknolojisini temsil etmektedir (Eluwole vd., 2018: 6). 1G teknolojisi, dünyada ilk olarak Japonya’da Nippon telgraf ve telefon kurumu tarafından kullanılmaya başlanmıştır (P. Sharma, 2013: 47–53). Bu teknoloji ile sadece sesli arama yapılabilmiş ve bu aramalar tek bir ülke ile sınırlı kalmıştır. Bu nedenle farklı ülkeler arasında bu teknoloji ile sesli arama yapılması mümkün değildir. Bu durum 1G teknolojisinin önemli dezavantajlarından biri olarak kabul edilmektedir (P. Gupta, 2013: 152–157). Buna ek olarak, düşük ses kalitesi, zayıf batarya ömrü,

limitli kapasite ve düşük güvenilirlik gibi konular 1G teknolojisinin diğer önemli dezavantajları olarak değerlendirilmektedir (Eluwole vd., 2018: 6).

1. 2. 2. İkinci Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (2G)

1980'lerin sonunda ortaya çıkan ve 1991 yılında kullanılmaya başlanan, ikinci nesil mobil teknoloji ile ses iletiminin sağlanması için dijital sinyaller kullanılmıştır (Kachhavay & P.Thakare, 2014: 1080–1087). 2G teknolojisinin temel amacı dijital sinyal ile ses transferini sağlamaktır (Sahoo vd., 2014: 108–112). Birinci nesil mobil teknoloji ile karşılaştırıldığında 2G daha yüksek spektrum verimliliği, daha gelişmiş dolaşım ve daha iyi veri iletim hizmeti sunmuştur (P. Sharma, 2013: 47–53). Birinci nesil mobil iletişimin en önemli zayıflıklarından biri olan ülkeler arasında mobil iletişim sorunu, Avrupa Birliği tarafından oluşturulan GSM (Mobil İletişim İçin Küresel Sistem-Global System for Mobile Communications) standardı ile ülkeler arasında bağlanabilirliği teşvik ederek yarı küresel bir dolaşım sistemi kurulmasına öncülük ederek sorunun çözümüne katkı sağlamıştır. 1G'nin başaramadığı küresel bir mobil iletişim sistemi olma başarısı 2G ile birlikte gerçekleştirilmiştir (Eluwole vd., 2018: 6). 2G mobil teknolojisinin beraberinde getirdiği standartlaşma ile iletişimin uluslararası dolaşımında kesintisiz yapılmasına en büyük katkı sağlandığı ifade edilmektedir (P. Gupta, 2013: 152–157). 2G mobil teknolojisi ile uluslararası dolaşımın daha güvenli sağlanmasının yanı sıra bu teknoloji, kısa mesaj hizmeti (SMS) ve multimedya mesaj hizmeti (MMS) gibi birtakım özelliklerin yaygın kullanımını beraberinde getirmiştir (Eluwole vd., 2018: 6).

1. 2. 3. Üçüncü Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (3G)

Üçüncü nesil (3G) mobil kablosuz iletişim sistemi 2000 yılında, daha hızlı veri transferi, uluslararası dolaşım ve artırılmış ses kalitesi gibi önemli katkılar sağlayarak kullanılmaya başlanmıştır (Eluwole vd., 2018: 6). Birinci nesil mobil kablosuz iletişimle başlayan süreç, 2001 yılında ilk kez başlangıç yapan üçüncü nesil mobil kablosuz iletişim teknolojisiyle zengin multimedya içeriklerin bulunduğu bir sistem olarak devam etmiştir. 3G teknolojisinin kullanımı ile birlikte operatörler kullanıcılara daha geniş bir yelpazede daha gelişmiş hizmetler sunabilmişlerdir (P.

Gupta, 2013: 152–157). Bu teknolojiyle birlikte mobil TV, internet, video konferans, hızlı iletişim, video araması, üç boyutlu (3D) oyunlar, çoklu oyun oynama gibi hizmetler sağlanmıştır. 3G teknolojisi, 15-20 MHz geniş bant aralığı ile yüksek hızlı internet ve video konuşmalarına olanak tanımaktadır. 3G ile veri iletim hızı 125 kbps den 2 mbps'ye çıkmıştır. 2G'den 3G'ye geçişle beraber daha yüksek ağ hızları, daha hızlı indirme hızları ve gerçek zamanlı görüntülü görüşmeler yapılabilmektedir (Kachhavay & P.Thakare, 2014: 180–187).

1. 2. 4. Dördüncü Nesil Kablosuz Mobil Teknoloji (4G)

Son yirmi yılda dünya 2G mobil teknolojiden 4G'ye hızlı geçiş sürecine yakından şahitlik etti (Mitra & Agrawal, 2015: 132–137). İlk 4G denemesi 2005 yılında Japonya-Tokyo'da başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. 3G teknolojisinin getirdiği yeniliklere ek olarak 4G teknolojisi, mevcut diğer mobil teknolojilerin entegre edilmesiyle yeni kullanıcı deneyimleri sunmuştur (P. Gupta, 2013: 152–157). 4G teknolojisi, 3G'ye göre daha hızlı veri iletimi, HDTV(high definition-yüksek çözünürlüklü TV) içerik, dijital canlı yayın, mobile TV, video chat vb. hizmetlerin verilmesi için geliştirilmiştir (Kachhavay & P.Thakare, 2014, 182–185). Diğer yandan, 4G'nin en önemli ayırt edici özelliği ise daha yüksek veri hızı olarak ön plana çıkmıştır. 4G ile geniş kapsama alanında 100 Mbps, düşük kapsama alanında ise 1 Gbps'a kadar en yüksek hızlar desteklenebilmiştir (Sahoo vd., 2014: 108–109). 4G, gelişmiş ağ kapasitesi ve uygulama-sunucu arasındaki gecikme sürelerinde sağladığı düşüşlerle birlikte, üçlü oynatma trafiğine (veri, ses ve video) erişimin her zaman ve her yerde kablosuz olarak gerçekleşmesine katkı sağlamıştır (Mitra & Agrawal, 2015: 132–137).

1. 2. 5. Beşinci Nesil Mobil Teknoloji (5G)

Her geçen gün daha fazla insanın hareket halinde internete daha hızlı ulaşma, başka insanlarla anlık iletişim kurma ve bilgiye daha kolay ulaşma gibi arzuları artmaktadır. Bu arzular yanında akıllı telefon ve dizüstü bilgisayar taleplerindeki artış, multimedya içeriklerindeki gelişmeler kablosuz mobil teknolojide bir talep patlamasına neden olmuştur. Yaşanan bu artışa bağlı olarak 4G mobil kablosuz

teknolojisinin bu talepleri karşılama yetersiz kalmasına neden olacağı düşünülmektedir (Wang vd., 2014: 122). 4G teknolojisi, insanların akıllı telefonlar, tabletler, PC gibi mobil cihazları ile geniş bant deneyimlerinden faydalanmalarına olanak sağlasa da yüksek hız, hızlı yanıt, yüksek güvenilirlik ve enerji verimliliği gerektiren mobil hizmetler açısından çeşitli zorluklar yaşanacağı beklenmektedir. Mevcut teknoloji mobil kullanıcılara kaliteli bir deneyim sağlarken, dokunsal internet, tele-tıp, tele-cerrahi, araçtan her şeye iletişim (V2X), nesnelere interneti (IoT), drone ve robotlarla iletişim gibi alanlarda yetersizdir. Ortaya çıkan bu yeni uygulamalar ve kablosuz cihaz sayısındaki çarpıcı artışla birlikte oluşan yetersizliklerin üstesinden gelinmesi için yeni bir iletişim teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır (Wang vd., 2014: 123).

Bu ihtiyacı giderecek mobil kablosuz teknoloji, 4G teknolojisinin bir sonraki nesli için kullanılan adı ile 5G (beşinci nesil) kablosuz mobil teknolojisidir. 5G, 4G'den sonra gelecek büyük bir kablosuz mobil iletişim evresi olarak değerlendirilmektedir (P. Sharma, 2013: 49). 5G teknolojisinin tüm dünyayı birbirine sınırsız bir şekilde bağlayabilen akıllı bir teknoloji olacağı literatürde yaygın olarak benimsenmektedir (P. Gupta, 2013: 154). 3G ve 4G teknolojileri, insanları ve kısmen de olsa nesnelere birbirine bağlarken, 5G teknolojisinin gelecek vizyonu ile her şeyi birbirine bağlayabileceği ifade edilmektedir. 5G teknolojisi, herhangi bir yer ve zamanda, herhangi birine veya herhangi bir nesneye kesintisiz veri paylaşımı ve bilgi iletişimi sağlayarak birbiriyle bağlantılı bir toplumun oluşmasına imkân sağlayacak en önemli öncüllerden biri olarak ortaya çıkması beklenmektedir (Olsson vd., 2013: 212). Bu durumun gerçekleşmesi, beklenen 5G mobil teknolojisinin akıllı telefonlar, buzdolapları, dondurucular, arabalar, giyilebilir cihazlar ve daha pek çok şeyin uçtan uca bağlantı kurmasını sağlayacak teknolojik altyapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Eluwole vd., 2018: 4). Mobil teknoloji tarihçesine baktığımızda sadece sesli görüşmeler yapabildiğimiz bir sistemden, 4K ve 8K ultra yüksek çözünürlüklü içerikler, 3D çok görüntülü etkileşimler, kişisel multimedya yayını, büyük içerik paylaşımı ve 3D hologramlar gibi farklı teknolojilerin kullanılabilirdiği mobil teknolojiye dönüşüm yaşanmaktadır. 5G'nin kullanılmaya başlanması ile 3D etkileşim, 3D hologramlar, genişleyen multimedya hizmetleri, beş duyuyla

görülebilen, hissedilebilen ve duyulabilen bilgiler sağlayarak mekânsal ve zamansal kısıtlamaların üstesinden gelinebileceği ifade edilmektedir (Yu vd., 2017: 8–9).

5G kablosuz teknolojisinin gelişmiş geniş bant özelliği sayesinde herhangi bir gecikme, yavaşlama yaşamadan ve bağlantı sayısının önemi olmadan istenilen işlevi istenilen anda gerçekleştirebileceği ileri sürülmektedir (Sahoo vd., 2014: 110). 5G teknolojisi kullanılmaya başladığında, saniyede 1 gigabytes veri transferi gerçekleşebilecektir (P. Gupta, 2013: 155). Elektronik cihazlardaki gelişmeler ile ortaya çıkan yeni tip uygulamalar (yapay zekâ, üç boyutlu medya 3D, IoT vb.) önemli miktarda veri trafiğinin oluşmasına neden olacaktır. Öyle ki sadece akıllı telefonlar kullanılarak 2021 yılı için dünya genelinde oluşacak aylık veri trafik miktarının yaklaşık 50 petabytes (1 Petabytes = 1024 Terabytes) olacağı ve bu artışın ise üstel bir hızla devam edeceği tahmin edilmektedir (Morgado vd., 2018: 1). 5G teknoloji ve beraberinde sağlayacağı yenilikler ile bu tür zorlukların üstesinden kolaylıkla gelinebilmesi beklenmektedir (Dahiya, 2017, 4). Bu bağlamda 5G teknolojisinin temel amacı, en iyi kablosuz dünyanın oluşmasını sağlamak ve önceki nesil mobil teknolojilerin sınırlamaları ve eksikliklerini ortadan kaldırmaktır (Banupriya vd., 2015: 42).

5G'nin ticari olarak kullanılmaya başlanmasıyla 2020 ve sonrası için beklenen performans hedefleri, ana özellikler ve yapılabileceklerle ilişkin beklentiler maddeler halinde saymak istersek,

- Çok düşük gecikme ya da gecikmenin olmadığı oldukça gelişmiş multimedya deneyimleri [(Artırılmış Gerçeklik (AR-Augmented Reality), Sanal Gerçeklik (VR-Virtual Reality) gibi)],

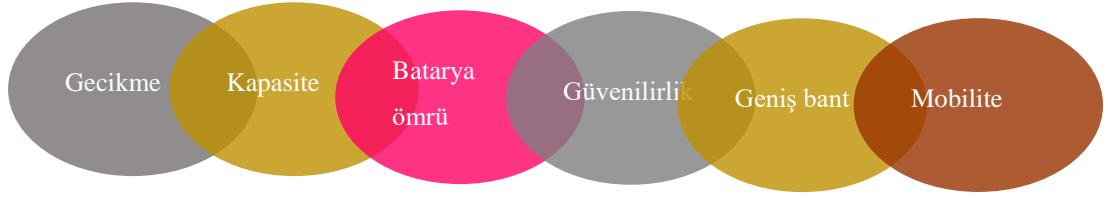
- Yüksek kapasite ve performans beklentileri,

- Geniş bant sayesinde saniyede 20 GB'a kadar veri hızı

- 10 yıla kadar batarya ömrü

- Trenlerde, yoğun ve seyrek alanlarda hizmetin kesintisiz aktarımı,

- %100 ya da çok yakın düzeydeki güvenilirlikte 20 milyon kullanıcı ve bir trilyon IoT/Makineler Arası İletişim (M2M-Machine to Machine) cihaz için bağlantı desteğe (Eluwole vd., 2018: 7–8).



Şekil 1: 5G teknolojisinin özellikleri

Uluslararası telekomünikasyon birliği (ITU) tarafından yapılan çalışmalar ile 5G hizmetleri ve teknik gereksinimler belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda 5G hizmetlerine ilişkin oluşturulan 3 ana kategori aşağıda sunulmuştur (Yu vd., 2017: 2).

- Ultra güvenlik ve düşük gecikme (URLLC, Ultra Reliable-Low Latency)
- Geliştirilmiş mobil geniş bant (eMBB, Enhanced Mobil Broadband)
- Büyük makine türü iletişim-nesnelerin interneti (mMTC-IoT, Massive Machine Type Communication-Internet of Things)

Gecikme, kısaca bir cihazdan (örneğin bir sensörden) üretilen bir verinin iletiminin başka bir cihaz tarafından hatasız olarak alımı sırasında geçen zamanı ifade etmektedir. Gecikme, otonom endüstriyel üretim, robotlar, ulaşım, sağlık hizmeti, sanal gerçeklik, eğitim ve eğlence gibi birçok alanda kritik öneme sahiptir. Özellikle herhangi bir yerde ve herhangi bir zamanda nesnelerin birbirleriyle iletişime geçmesinin gerçeğe dönüşüyor olması gecikmenin önemini arttırmaktadır (Parvez vd., 2018: 90). 5G teknolojisinin çeşitli sektörlerde sağlayacağı hizmetlerin gerçekleşebilmesi için düşük gecikme süreleri hayati öneme sahiptir. 5G'nin en zorlu hizmet hedeflerinden biri, %99,9 güvenilirlikte, bir milisaniye gecikme süresi içerisinde hizmet sağlamasıdır. 5G ile sağlanan gecikme süresi, 4G'nin gecikme süresinin 1/10'den daha düşük olup, bu süre neredeyse algılanamaz nitelikte gerçek zamanlı bir iletim yaratmaktadır (Eluwole vd., 2018: 9). Gecikme sürelerinin önemli olduğu bazı alanlar aşağıda sunulmuştur;

Otonom fabrikalar, endüstri 4,0 kavramı ile hayatımıza giren otonom fabrikalar kavramı, tüm üretim süreçlerinin otomasyon kullanılarak sağlandığı ve sürecin kendi kendine iyileşmesinin mümkün olduğu üretim süreci olarak tanımlanmaktadır. Otonom fabrikalar fiziksel dünya ile sanal dünyanın bütünleşmesini sağlamak amacıyla veri alışverişi yapabilen akıllı bir organizmadır. Üretim sürecinde insan müdahalesinin olmadığı ve süreçlerin otonom olarak işlediği

bu fabrikalarda üretim sürecindeki makinalar arasında iletişimde oluşacak gecikmeler üretim ve tedarik süreçlerinde sorunlara neden olabilir (Shrouf vd., 2014: 697–699).

Akıllı ulaşım sistemi, ulaşım sektörü, her biri farklı operasyonel yapılara ve güvenlik yaklaşımlarına sahip hava, deniz ve kara dâhil tüm ulaşım türlerinden oluşmaktadır. Bu sistemler, milyonlarca ton yük ve milyonlarca yolcu taşımak için kullanılan geniş, açık ve birbirine bağlı bir ağ olarak tanımlanmaktadır. Ulaşım ağı, büyük hacimli yük ve yolcuları üreticileri, perakendecileri karmaşık otoyollar, demiryolları, limanlar ve havalimanlarından oluşan bir ağ üzerinden hareket ettirerek birbirine bağlamaktadır. Düşük gecikme ve yüksek güvenlik, otomatik sürüş, yol güvenliği, trafik verimliliği hizmetleri vb. ulaşım endüstrisindeki birçok teknolojik dönüşümü güçlendirmesi beklenmektedir. Bu dönüşümler, arabaları, yerel bilgilerine güvenmek yerine başkalarıyla iş birliği yaparak giderek karmaşıklaşan yol durumlarına tepki verebilecek şekilde tamamen bağlantılı hale getireceği düşünülmektedir (Brincat vd., 2019: 128–132).

Robotlar, yakın gelecekte, uzaktan kontrol edilebilen robotlar, tehlikeli alanlarda inşaat ve bakım gibi çeşitli sektörlerde faaliyet gösterebilecektir. Robotların kullanılmasının ön koşulu, gerçek zamanlı senkronize görsel-dokunsal geri bildirimli uzaktan kontrolleri yapabilmesi ile ilişkilendirilmektedir. Robotların kullanılabilmesi için sistem tepki süresi, ağ gecikmeleri dâhil birkaç milisaniyeden az olması beklenmektedir (Parvez vd., 2018: 3100).

Sağlık Hizmeti, URLLC'nin sağlık hizmeti açısından en önemli katkı sağlayacağı alanlar, uzaktan teşhis, tele-cerrahi ve tele-rehabilitasyon gibi müdahalelerin düşük gecikmeli olarak gerçekleştirilebilmesidir. Dokunsal internet kavramının gerçekleştirilmesinin en kritik şartlarından biri düşük gecikme ve yüksek güvenilirlik olarak ifade edilmektedir. Bu gelişmeler ile robotlar aracılığıyla uzaktan ameliyat, fiziksel muayene ve hasta kontrolüne olanak sağlanabilecektir (Zheng vd., 2020: 5172–5174).

1. 2. 6. Nesnelerin İnterneti (IoT)

İletişim alanında değişen ve gelişen teknolojiler ile fiziksel dünya ile bilgi dünyasını bir araya getirmek amaçlanmaktadır. Yakın gelecekte bilgiye erişen insanlar olmayacak, bunun yerine insanlar adına diğer makinelerle konuşan akıllı makineler kullanılacaktır. Bir başka anlatımla, insanlık bir her yerde bulunma çağına giriş yapmaktadır. İnsanlar ile nesnelere arasında ve nesnelere kendi aralarında yeni iletişim biçimlerinin gerçekleşeceği nesnelere interneti çağı literatürde yoğun bir biçimde tartışılmaktadır. Yapılan bu tartışmalarda bilgi ve iletişim dünyasına eklenen yeni boyut ile herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde herkes ve her şey için bağlantının sağlanacağı yeni bir dönem vurgusu önemli ölçüde tartışılmaktadır (Tan & Wang, 2010: 376–380).

Makine tipi iletişim aslında IoT kavramına karşılık gelmektedir. İnsan ve nesnelere arasındaki mesafeyi kısaltacak olan 5G, insanlar ile her şey arasında kolay ve akıllı bağlantı sağlamak için kusursuz bir entegrasyon uygulayacaktır. MTC-IoT ile mevcutta kişiler arasındaki iletişim bağlantısı nesnelere de sağlanarak mobil iletişimin daha geniş endüstrilerde ve daha farklı alanlarda kullanımına izin verebilecektir (Jiang & Liu, 2017: 8–9). MTC ile ortaya çıkması muhtemel endüstriyel otomasyon, kamu güvenliği, sağlık hizmetleri, kamu hizmetleri, ulaşım, akıllı ölçüm, uzaktan üretim gibi çok sayıda akıllı hizmetler için baskın iletişim paradigması haline alacağı öne sürülmektedir (Mohammed vd., 2019: 1). MTC-IoT, üretkenliği arttırması, maliyetleri düşürmesi ve yaşamları iyileştirmesi gibi yönleri nedeniyle büyümenin ekonomik motoru olarak ortaya konmaktadır. Kavram daha geniş endüstri ivmesi kazandıkça kullanımdaki IoT cihaz sayısındaki artış hızlanmaktadır. Bu artışın yakın gelecekte bağlantılı cihaz sayısının 100 milyara ulaşmasına neden olacağı düşünülmektedir (Qadri vd., 2020: 1121–1122). General Electric, endüstriyel internetin dünya ekonomisine on beş trilyon dolarlık pozitif katkı sunduğunu bunun IoT ile ilişkilendirilen boyutunun 255 milyar dolar olabileceğini tahmin etmiştir (Dhillon vd., 2017: 168–174).

Makine türü iletişim geniş bir uygulama alanı sunmaktadır. MTC için bazı potansiyel uygulama alanları aşağıda sunulmuştur.

Akıllı evler, cihazların internete bağlandığı ve sensörlerden gelen bilgilere dayanarak özerk olarak kararlar verebildiği ve böylece insan yaşamına katkıda bulunup onu geliştirerek evi izlemeyi ve kontrol etmeyi kolaylaştıran bir uygulama olarak ortaya çıkmıştır (Skouby & Lynggaard, 2014: 874–876) .

Akıllı ulaşım sistemi, Birleşmiş Milletler (UN), 2050 yılına kadar dünya nüfusunun %70'inin şehirlerde yaşayacağını ve 2030 yılında yollardaki araç sayısının iki milyarı aşacağını tahmin etmektedir. Son yıllarda trafik sıkışıklıkları ve kazalar ile karayolu trafiğinin neden olduğu çevre kirliliği ve yakıt tüketimi hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkeler açısından önemli küresel problemler haline gelmiştir. Bunun yanı sıra, yüksek oranlarda seyreden trafik kazaları, büyük oranda can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. (Camacho vd., 2018: 327–335). Akıllı ulaşım sistemleri, güvenlik, yakıt ekonomisi, trafik verimliliğinin iyileştirme potansiyeline sahip uygulamaların önceliklendirilmesi ile ulaşım sorunlarının çözülmesi hedeflenmektedir. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için akıllı ulaşım sistemleri, araçtan her şeye (V2X-vehicle to everything) araçtan araca (V2V-vehicle to vehicle), araçtan altyapıya (V2I-vehicle to vehicle) ve araçtan yayaya (V2P-vehicle to pedestrian) iletişim sağlayan hizmetler ile trafik verimliliği ve güvenilirliği, yol güvenliği, bilgi ve eğlence hizmetlerinin kullanılabilirliğinin sağlanması beklenmektedir (S. Chen vd., 2017: 72).

Akıllı şehirler, uygun maliyetli ve daha sürdürülebilir kentler yaratmak için kullanılan bir kavramdır (Skouby & Lynggaard, 2014: 874). İş, sağlık ve eğitim olanaklarının kırsal alanlara göre daha fazla olması insanların kitleler halinde şehirlere göç etmelerine neden olmaktadır. Bu durum şehirlerde aşırı yoğunluğa, enerji, su, temizlik gibi kaynaklar üzerinde baskıların artması ve eğitim, sağlık gibi kamu hizmetlerine olan talebin artmasına neden olmaktadır. Şehirler böylesine zorlayıcı faktörler ile başa çıkabilmek için daha verimli hale gelmeye, karmaşıklıkları yönetmeye ve maliyetleri düşürmeye yönelik yeni yöntemler bulma arayışında olmaktadır. Akıllı şehirlerin, sensörler ve aktüatörler gibi milyarlarca düşük güçlü dijital cihazın sabit veya mobil ağ teknolojileriyle bağlanması gereken çok sayıda IoT uygulamasına ihtiyaç duyması muhtemeldir (Rao & Prasad, 2018: 165-166). Akıllı şehirlerde büyük miktarda veri ve yüksek hızlı iletişim gereksinimi

ile başa çıkmak için söz konusu şehirlerin 5G teknolojisinin beraberinde getirdiği yeniliklere sahip olması gerekmektedir (A. Kumar & Krishnan, 2020: 1–2).

Endüstri ve IoT/MTC, endüstri 4,0; dijital üretim, ağ iletişimi, bilgisayar ve otomasyon teknolojileri ve diğer ilgili alanlardaki hızlı ve yıkıcı değişimleri içermektedir. Bu yeni endüstriyel paradigma hem ürünleri hem de süreçleri etkileyecek siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, robotik, büyük veri, bulut üretimi ve artırılmış gerçeklik gibi bir dizi teknolojik gelişmeyi kapsayarak bu teknolojileri benimseyecek şirketler arasında verimlilik ve üretkenlik iyileştirmelerine olanak sağlaması beklenmektedir. Endüstri 4,0 ile tahmin edilen üretimle her üretim ögesinin özerk olarak bilgi alışverişinde bulunduğu, eylemleri tetiklediği ve kendilerini bağımsız olarak kontrol ettiği bir süreç ifade edilmektedir. Daha akıllı süreçler yaratmayı amaçlayan bu üretim yaklaşımı, insan müdahalesi olmadan hareket eden ve ortam değişikliklerine ve gereksinimlerine bağlı olarak operasyonlarını özerk olarak kontrol eden küçük, merkezi olmayan ve dijitalleştirilmiş üretim ağları ile karakterize edilmektedir (Pereira & Romero, 2017: 1206–1207). Endüstri 4,0, bilgi ve iletişim teknolojileri ile endüstriyel teknolojinin entegrasyonu ile temelde akıllı bir fabrika oluşturmak için siber fiziksel sistem inşa etmeyi amaçlamaktadır. Üretimi daha dijital, daha bilgi odaklı, özelleştirilmiş ve çevreci hale getirmek için üretim sürecinde insanlar, ürünler ve cihazlar arasında gerçek zamanlı etkileşim sağlayarak kişiselleştirilmiş dijital ürün ve hizmetlerden oluşan oldukça esnek bir üretim modeli oluşturmaktır (Zhou vd., 2016: 1247–1250). Bu yeni akıllı üretim modeli, nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin endüstriyel otomasyona entegrasyonunu sağlamak için geliştirilmiştir. Endüstri 4,0, sistemlerin bilgileri paylaşmasını, analiz etmesini ve akıllı eylemleri yönlendirmek için kullanmasını sağlamak için IoT üretim teknikleriyle birleştirmeyi hedeflemektedir (Rao & Prasad, 2018: 156–157). Endüstrilerde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak sensörler, radyo frekansıyla tanımlama (RFID) gibi teknolojilerin kullanılması ile IoT, fiziksel nesnelerin bilgilerinin sanal dünyaya aktarılmasına olanak tanıyarak gerçek ve sanal dünya arasında birleşme sağlamaktadır. Bu nedenle nesnelerin internetinin siber fiziksel sistemler (CPS-Cyber Physical Systems) için temel oluşturması beklenmektedir. Kısaca nesnelerin interneti siber fiziksel sistemlerin gerçekleşebilmesi için temel altyapıyı oluşturmaktadır.

Nesnelerin internetinin kullanımı ile siber fiziksel sistemler sadece fiziksel sistemleri dijital dünyayla eşleştirmekle kalmaz aynı zamanda dijital sistemden fiziksel süreçlerin işletilmesi ve kontrolünün de yapılabilmesine neden olabilmektedir. Gerçek ve dijital dünya arasındaki entegrasyonun sağlanması ile 4,0 teknolojisinin ana vizyonu olarak kabul edilen akıllı fabrikaların gerçekleşmesine olanak tanınmaktadır (Mueller vd., 2017: 1051–1052). Bu sistemde planlama, tasarım, üretim, dağıtım ve satış süreçleri çeşitli bilgi ve iletişim teknolojileri tarafından birbirine bütünleşmiş, bağlantılı ve otomatik bir sistem olarak çalışmaktadır. Akıllı fabrikalar küçük ya da büyük organizasyonlar fark etmeksizin otonom sistemlerdir. Bu sistemlerin, gerçek zamanlı veriler toplayarak ve makine öğrenimi algoritmalarına, analiz sonuçlarına ve başarılı geçmiş davranışlara dayalı olarak kendi kararlarını vererek sürekli değişen pazar taleplerine ayak uydurmaları beklenmektedir (Hrustek vd., 2020: 81–82). Warren G. Bennis 2016 yılında geleceğin fabrikalarını “*Geleceğin fabrikasının iki çalışanı olacaktır: Bir insan ve bir köpek, insanın görevi köpeği beslemek olacak, köpeğin görevi ise insanı otomatik sistemlere dokunmaya caydırmak olacaktır*” cümlesiyle etkili bir biçimde tanımlamıştır. Bu tanım, endüstri 4,0 ile ortaya çıkacak akıllı fabrika uygulamalarına yönelik beklenti, algı ve inancı ifade etmektedir (Evjemo vd., 2020: 35).

1.3. 5G Teknolojisinin Riskleri

Risk, ortaya çıkma ihtimali ve etkisi dikkate alındığında, bir güvenlik açığının uygulanmasının net negatif etkisi olarak ifade edilmektedir. Bu düşünceye göre teknolojik risk bir teknolojinin yaşam döngüsü boyunca bir araya toplanması sonucu ortaya çıkan fiziksel, sosyal ve finansal zarar ve kayıp olarak tanımlanmaktadır. Teknoloji riski bir teknolojinin veya ürünlerinin risk potansiyeli, doğaya, insanlara, sermayeye veya tesislere zarar verme ihtimali olarak değerlendirilir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki son gelişmelerinde insan, toplum ve endüstri hayatına pozitif katkılarının olmasının yanında çeşitli riskleri de içinde barındırdığı belirtilmektedir (Renn & Benighaus, 2013: 294). 5G teknolojisi ile oluşması muhtemel risklerin neler olduğunu saymak istersek;

Güvenlik Riskleri: Telekomünikasyon ağları dört nesil boyunca gelişti ve insanlık son olarak 5G kablosuz mobil teknoloji deneyimi yaşamaya oldukça yakın

bir eşiktir. Her mobil nesille birlikte güvenlik ortamının da geliştiği ifade edilmektedir, ancak kablosuz iletişim sistemleri başlangıçtan itibaren güvenlik açıklarına sürekli eğilimli olmuşlardır. 1G kablosuz ağlarda cep telefonları ve kablosuz kanallar yasadışı klonlama ve maskeleye için hedef alınmıştır. 2G kablosuz ağlarda, mesaj spamı yalnızca yaygın saldırılar için değil, aynı zamanda yanlış bilgi enjekte etmek veya istenmeyen pazarlama bilgileri yayınlamak için de yaygın hale gelmiştir. 3G kablosuz ağlarında, IP tabanlı iletişim, kablosuz etki alanlarındaki internet güvenlik açıklarının ve zorluklarının taşınmasını sağlamıştır. IP tabanlı iletişim ihtiyacının artmasıyla birlikte 4G mobil ağlar, akıllı cihazların, multimedya trafiğinin ve yeni hizmetlerin mobil alana yayılmasını sağlamıştır. En nihayetinde bu gelişmeler, daha karmaşık ve dinamik bir tehdit ortamına yol açmıştır (Shaik vd., 2017: 1–2).

5G kablosuz ağları, ağ üzerinden hayatın neredeyse tüm yönlerini çok yüksek hız, çok düşük gecikme süresi ve her yerde bulunan bağlantı gibi özellikleri ile ağ kullanıcılarını, bileşenlerini ve hizmetlerini güvence altına alma potansiyeline sahiptir. Ancak 5G güvenlik tehdidi ortamının, hizmet türlerindeki ve cihaz sayılarındaki çarpıcı artış ile birlikte olağanüstü bir biçimde büyümesi beklenmektedir. Kablosuz ağlar en başından beri güvenlik açıkları için önemli bir hedef olmuştur (Khan vd., 2020: 196–198) Çok sayıda IoT cihazının birleştirilmesi ve 5G'deki akıllı evler, hastaneler, endüstriler, işletmeler, ulaşım ve elektrik şebekesi sistemleri gibi yeni hizmetlerin sağlanması, güvenlik zorluklarının daha da artırmasına neden olabilecektir (Soldani, 2019: 6–7) Bu tür kritik altyapılardaki güvenlik ihlalleri 5G'nin hizmet vereceği hem altyapı hem de toplum için büyük boyutlarda sorunların yaşanmasına neden olabilmektedir (Ahmad vd., 2017: 193). Bunun da ötesinde özellikle kritik özellikteki elektrik şebekeleri, petrol ve gaz rafinerileri, ulaşım sistemleri, akıllı araçlar, polis iletişimi gibi alanlara yapılacak siber saldırıların ülkeler açısından önemli problemlere neden olabileceği tahmin edilmektedir (Kshetri & Voas, 2020: 62–66).

5G teknolojisi ile bağlantılı bir dünyanın var olmasına rağmen 5G'nin güvenlik özellikleri tam olarak anlaşılammış olabilir. 4G ile karşılaştırıldığında 5G'nin indirme hızındaki büyük fark, özellikle siber suçlular açısından 5G bağlantısıyla yapılacak saldırılarda kişisel bilgilerin çok hızlı şekilde elde edilmesine neden

olabilmektedir. Ülkeler 5G'nin çok yeni bir teknoloji olmasının beraberinde getirdiği sistemin güvenlik hassasiyeti nedeniyle büyük bir endişe içerisinde olmuşlardır. Bu durum, 5G'nin yaygınlaşmasında devletlerin daha tutucu ve temkinli davranmalarına neden olacak gibi görünmektedir. Günümüzde siber güvenlik suçlarının çoğunluğu veri hırsızlığı iken 5G teknolojilerine yapılacak saldırılarda geleceğin akıllı şehirlerinde kamu güvenliği ve kritik endüstriler toplum açısından oldukça büyük hasarlara neden olabilir. Örnek olarak, çevrimiçi güç kaynağı sistemlerinde ortaya çıkacak bir güvenlik problemi, toplumun bağlı olduğu tüm elektrik ve elektronik sistemler için son derece kritik olumsuz sonuçlar üretebilir (Rabia Khan, Student & Liyanage, 2020: 196–248).

Sonuç olarak, 5G ağlarının siber güvenliği, yüksek karmaşıklık seviyeleri ve bir saldırı durumunda çok daha büyük hasar potansiyeli göz önüne alındığında benzersiz bir şekilde risk yaratabilmektedir. 5G teknolojisi önceki teknolojilere göre çok daha yüksek seviyede güvenliğe sahip olmasına rağmen, 5G güvenliğinde oluşacak saldırı veya muhtemel güvensiz bir durumda ortaya çıkacak sonuçların çok daha ağır olacağı değerlendirilebilir.

Gizlilik Riskleri: Gizlilik kavramı, mobil ve iletişim teknolojilerinin varoluşundan bu yana temel bir problem olmaya devam etmiştir. Kullanıcılar yıllar geçtikçe çevrimiçi olmanın bir unsuru olarak gizliliğin daha fazla farkına varmışlardır. En çok kullanılan gizlilik tanımlarından biri Westin (1968) tarafından yapılmıştır? Westin (1968) gizliliği, “*bireyin kendisi hakkında hangi bilgilerin ve hangi koşullar altında başkalarına iletilmesi gerektiğine karar verme hakkı*” olarak tanımlamaktadır (Westin'den aktaran Yao vd., 2007: 710). Kablosuz iletişim teknolojilerindeki son gelişmeler, kullanıcı verilerine küresel erişim ve bağlantı sağlamıştır. Dolayısıyla, bir kullanıcı bir ülkede herhangi bir çevrimiçi uygulamayı kullanıyorsa, söz konusu kullanıcının verileri başka bir ülkede saklanabilmekte ve/veya işlenebilmektedir. Bu durum büyük kullanıcı gizliliği endişelerine yol açabilmekte, bu nedenle, verinin korunmasını sağlamak için uçtan uca veri gizliliği mekanizmalarına duyulan ihtiyaç oldukça açıktır (Ahmad vd., 2017: 193–195).

5G ağlarında yeni mimarilerin, teknolojilerin ve hizmetlerin oluşmaya başlaması, kullanıcılar ve diğer paydaşlar için önceki nesillere kıyasla daha yüksek gizlilik riskleri oluşturabilecektir. 5G ağlarında gizlilik son derece kritik bir

hususdur zira yeni günlük yaşam uygulamaları ve dijital hizmetlerin erişim modları açısından büyük değişim ve dönüşümler yaşanmaktadır. Gizlilik, 5G açısından kullanıcılar ve diğer çeşitli paydaşlar dâhil olmak üzere tüm ekosistem için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle 5G ağlarının kamu tarafından bütünüyle kabul edilmesi ve benimsenmesi için gizlilik hususunun iyi bir biçimde ele alınması gerekmektedir (Ahmad vd., 2019: 1–2).

5G ağının çeşitli aktörlerden oluşan paylaşılan bir eko-sistem olması ve bu farklı aktörler için farklı dijital hizmet seti sağlaması beklenmektedir. Örneğin, sürece dahil olan çeşitli heterojen operatörler ve hizmet sağlayıcılar, tüketicinin kişisel verilerine rızası olsun veya olmasın erişebileceklerdir. Bu durum oldukça kritiktir çünkü tüketiciler/ kullanıcılar verilerini toplayan, depolayan ve işleyen varlıklardan çoğunlukla habersiz olup çoğu durumda verilerinin nasıl kullanıldığını bilmemektedirler. Bu nedenle, söz konusu teknolojinin kullanımı ile birlikte kişisel bilgilerin paydaşlar tarafından kullanılabilmesine ilişkin kaygılar ortaya çıkabilir (Fang vd., 2017: 4851).

Verilere yetkisiz kişiler tarafından erişilmesinin önüne geçilmesi ve bunların yalnızca yetkili paydaşlarca kullanılması oldukça önemlidir. Gizlilik ve güvenliğe ilişkin gereklilikler sağlansa bile yine de veri saldırıları söz konusu olabilmektedir. Bu saldırılar iki şekilde yapılabilir. Bunların ilki, aktarım sırasında verilere yönelik saldırılar iken ikincisi ise depolama sistemlerindeki verilere yasa dışı erişim şeklinde yapılan saldırılardır. Bu tür olumsuz senaryoların önüne geçilebilmesi ve verilerin etkili bir biçimde korunabilmesi için güçlü kriptografik tekniklere önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır (Ahmad vd., 2017: 193–195).

Kullanıcıların bakış açısından, gizlilikle ilgili başlıca endişeler veri, konum ve kimlikten kaynaklanan problemlerdir (Liyanage vd., 2018: 198).

Konum gizliliği, 5G teknolojisinin ortaya çıkışıyla birlikte Konum Tabanlı Hizmetler (LBS-Location Based Service) oldukça önem kazanmıştır ve kullanıcılar konum bilgilerini bilmeye dayalı olarak yararlı hizmetlere erişim sağlama olanağı elde ettiklerinden bu durum önemli bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Buna ek olarak, günümüzde birçok cihaz konumlandırma ve izleme yeteneklerine sahip olup çok sayıda konuma dayalı hizmet sunabilmektedir. Örneğin, mobil cihazlardaki çevrimiçi uygulamalar, belirli bir kullanıcıya en yakın olan çeşitli hastanelerin,

restoranların, alışveriş merkezlerinin vb. konumlarını gösterebilmektedir. Son zamanlarda Facebook gibi çeşitli sosyal ağ siteleri, 'check-in' gibi konum farkındalığına sahip özellikler sunmaktadır. Bu özellikler, en yakın arkadaşların/akrabaların yerini bildirerek insanların sosyalleşmesine katkı koymaktadır. Bununla birlikte, bu tür hizmetlerin yanı sıra, kullanıcılar, kişisel veya ortama gömülü aygıtları aracılığıyla çeşitli aktörler tarafından sürekli olarak izlenebilmekte, bu durum kullanıcıların gizliliğine yönelik farklı türden kaygılara neden olabilmektedir (Di Taranto vd., 2014: 103–105).

Kimlik gizliliği, kullanıcının ve cihazın kimlik bilgilerinin korunmasını ifade etmektedir. 5G ve IoT ile milyarlarca cihazın internete bağlanması beklenmektedir. Bu tür dijitalleşmede, gerekli hizmetlere erişmek veya bunları sunmak için her varlık (kullanıcı veya cihaz) bir kimlikle kategorize edilebilmektedir. Kimlikler kullanılarak hizmetlere ve kişisel bilgilere erişilebilmektedir. Örneğin, sağlık hizmetleri gibi çevrimiçi uygulamalar, hasta bilgilerine erişmek için kimlik gerektirir ve çevrimiçi alışveriş veya bankacılık, kimlik bilgilerini içeren bazı kartlar aracılığıyla ödeme modları gerektirebilmektedir. Benzer şekilde, cihaz kimliği de kullanıcıya ilişkin kişisel bilgilerin sızmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle 5G ağlarının güvenli ve verimli kimlik yönetim mekanizmasına sahip olması önem arz etmektedir (Norrman vd., 2016: 159–161).

İKİNCİ BÖLÜM

2. SAĞLIĞIN DİJİTALLEŞMESİ VE 5G TEKNOLOJİSİNİN SAĞLIK ALANINDAKİ UYGULAMALARI

Sayısallaştırma ve dijitalleşme, birbirleriyle yakından ilişkili olup çoğu zaman birbirinin yerine kullanılabilen farklı iki kavramdır. Sayısallaştırma, en temel ifade ile analog bilgilerin alınarak sıfırlar (0) ve birlerle (1) yeniden kodlanması esasına dayanan bir yaklaşımdır (Brennen & Kreiss, 2016: 1). Yapılan kodlamalar ile bilgisayarlar bu tür bilgileri depolayabilmekte, işleyebilmekte ve gerektiğinde iletebilmektedir. Gartner'ın (2017) bilgi teknolojileri sözlüğüne göre sayısallaştırma, analogdan dijitalle geçiş sürecidir (Contributor, 2018: 56). Sayısallaştırma, analog bilgileri dijitalle dönüştürmenin, örneğin bir belgeyi tarayarak veya bir ses kaydını karşıya yükleyerek sayfaları bayta dönüştürmeyi ifade eder. Sayısallaştırmanın yapamayacağı şey organizasyonlar ya da işletmeler için yeni iş modellerini harekete geçirmek ve kendilerini değiştirmelerini sağlamaktır. Sayısallaştırma daha çok kayıt sistemleri ve giderek artan bir biçimde etkileşim sistemleri ile ilgili olsa da, dijitalleşmede sayısallaştırılmış veriler, harekete geçmek ve değişim yaratmak için kullanılacak bilginin temelidir (Gobble, 2018: 56).

Brennen ve Kreiss'e (2016) göre dijitalleşme, bir organizasyon, endüstri ya da ülke tarafından dijital ya da bilgisayar teknolojisinin kullanımındaki artışı ya da adaptasyonu ifade etmektedir. Mevcut dijitalleşme dalgası, kurumsal dünya üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. Sosyal medya, büyük veri, nesnelerin interneti, mobil bilgi işlem ve bulut bilişim gibi dijital teknolojiler sayesinde makineler, nesnelere ve bireyler birbirine bağlanabilecek ve yenilerini etkinleştirebilecek süreçleri, ürünleri, hizmetleri ve iş modellerini önemli ölçüde etkileyebilecektir (Legner vd., 2017: 301). Dolayısıyla dijitalleşme teknik bir süreç olmasının yanı sıra aynı zamanda

organizasyonel ve kültürel bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Ricciardi vd., 2019: 7).

Dijitalleşme, bilgi teknolojilerinin ve dijital teknolojilerin mevcut iş süreçlerini değiştirmek için nasıl kullanılabileceğini açıklamaktadır. Tüm müşterilerin firmalarla kolayca bağlantı kurmasını sağlayan ve geleneksel firma-müşteri etkileşimlerini değiştiren yeni çevrimiçi veya mobil iletişim kanallarının oluşturulması bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Ramaswamy & Ozcan, 2016, 95). Dijitalleşme aynı zamanda iletişim gibi mevcut iş süreçlerini değiştirerek yeni iş fırsatları elde etmek için kolaylaştırıcı bir anahtar olarak hizmet edebilmektedir. Dijitalleşme yoluyla firmalar, süreçler arasında daha verimli bir koordinasyona izin vererek ve/veya kullanıcı deneyimlerini geliştirerek ek müşteri değeri yaratmakta ve mevcut iş süreçlerini optimize edebilmektedir. Dolayısıyla dijitalleşme yalnızca maliyet tasarrufu ile ilgili olmayıp aynı zamanda müşteri deneyimlerini geliştirebilecek süreç iyileştirmelerini de içermektedir (Verhoef vd., 2021: 889).

Dijitalleşme sürecinin birçok alandaki iş süreçlerini etkilediği gibi sağlık alanında da etkisini göstermesi kaçınılmaz bir durum olarak değerlendirilmektedir. Dijital sağlığa (elektronik sağlık veya e-Sağlık) giden yol, elektronik sağlık kayıtlarına yaygın erişim, uzaktan izleme çözümleri, hasta portalları, giyilebilir teknolojiler, mobil sağlık uygulamaları, veriler dâhil olmak üzere birçok özelliği kapsayan geleneksel sağlık hizmetleri yapısının kültürel bir dönüşümüdür (Cheng, 2007: 281–282).

2. 1. Dijital Sağlık

Dünyanın birçok yerinde yaşam beklentisi geçmişe nazaran önemli ölçüde artış göstermektedir. Yaşam beklentisindeki bu artış yaşlı birey sayısında artışa neden olacaktır (Alemdar & Ersoy, 2010: 2688). Birleşmiş Milletler'e göre 2050 yılına kadar dünya üzerinde 2 milyar yaşlı insan nüfusunun olacağını tahmin etmektedir. Önümüzdeki 20 yıl içinde gelişmiş ülkelerde 65 yaş üstü nüfusun toplam nüfusun %20'sini temsil edeceği varsayılmaktadır. Yaşlı bireylerdeki kronik hastalık prevalansındaki artış göz önüne alındığında, yaşlıların sahip oldukları hastalıkları nedeniyle kendilerine bakmakta güçlük çekmesi beklenen bir durumdur. Literatürde, bu durumun, küresel sağlık sistemi üzerinde aşırı baskı ve zorlukların oluşmasına

katkı koyacağı genel kabul görmektedir. Dolayısıyla yaşlı insanları sağlıklı tutmak ve onların fiziksel durumlarını sürekli kontrol altında tutmak için iki önemli durum ortaya çıkmaktadır. İlk olarak, yaşamı tehdit eden aksi bir durumun önceden tahmin ya da tespit edilmesi için hayati sinyalleri gerçek zamanlı olarak izlemek ve analiz etmek, ikincisi hekimler tarafından reçete edilmiş ilaçların alınması dâhil verilen tüm tedavilerin uygulanıp uygulanmadığını kontrol etmektir (Yang vd., 2014: 2180–2182). Yaşlı popülasyonu ile ilgili bahsedilen bu zorlukların üstesinden gelinmesinde inovatif dijital sağlık çözümlerine duyulan ihtiyaç gayet açıktır (Gope & Hwang, 2016: 1368).

Sağlığın dijitalleşmesi ya da dijital sağlık “bireyler ve toplumlar için insan sağlığını, sağlık hizmetlerini ve sağlığı iyileştirmede bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanılması” olarak tanımlanmaktadır (Kostkova, 2015: 1). Bir diğer tanıma göre dijital sağlık teknolojileri, hastalar ile sağlık hizmet sağlayıcıları arasındaki iletişimi ve önleyici sağlık faaliyetlerine katılımı arttırmak, hastaların tedavi protokollerine ve kronik hastalıkların tedavisinde hastanın kendi kendine tedaviye katılma uyumunu sağlamak olarak ifade edilmektedir. Bu kavram birçok ülkede çağdaş sağlık hizmetleri politikasının anahtar bir boyutu olarak değerlendirilmektedir. Dijitalleşme sürecinin çoğu henüz tamamlanmamış olsa da bilgi ve iletişim tabanlı bu dijitalleşme dalgası sağlık hizmeti sunumunda yeni nesil teknolojilerin kullanılması ile hizmet alanlarını genişletme, hasta memnuniyetini artırma, maliyetleri düşürme, sağlık tesislerindeki diğer kaynakların daha etkin kullanılması ve tıbbi karar verme süreçlerinde iyileştirmelere katkıda bulunarak sağlık sistemi üzerinde önemli ölçüde iyileştirmeler yaratacağı beklenmektedir. Dünya ekonomik forumunda yakın zamanda yapılan açıklamada, sağlık hizmetlerinde dijitalleşmenin yaratacağı derin etkiye ilişkin beklentiler açık bir biçimde ortaya konarak, geleceğin sağlık sisteminin oldukça farklı görüneceği, sağlık hizmetlerinde tüketici merkezli bir geçişin olacağı, vatandaşlara kendi ve ailelerine sağlık durumlarını yönetme konusunda daha fazla sorumluluk almalarına izin verecek bir sistem olarak değerlendirildiği bildirilmiştir (Ricciardi vd., 2019: 7–9).

Mevcut sağlık hizmeti sunumu genelde bilgi tedarikçileri, doktorlar ve hemşireler ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından belirlenen yönlendirmelere göre belli hiyerarşik sıranın olduğu bir tıbbi modelden oluşan sisteme dayanmaktadır

(Amft, 2018: 93–94). Daha da önemlisi mevcutta birleşik bir teşhis ve tedavi sistemi uygulanmakta, bir grup ya da birey fark etmeksizin herkes için aynı teşhis ve tedavi süreci uygulanmaktadır (Li, 2019: 6) Hastalar kendi sağlıkları ve hastalık yönetimi hakkında karar verme sürecine dâhil değildirler. Tıp uzmanları, tıbbi kararlar ve sonuçlarla ilgili yükü ve tüm sorumluluğu üstlenmek zorundadır. Hastaların tamamen sağlık hizmeti sağlayıcılarının ve sistemlerinin süreçlerine, altyapısına, bilgilerine ve kararlarına bağımlı hale geldikleri bir sistem ifade edilmektedir. Hastalara olan bu güvensizlik ve hastaların kontrolleri dışındaki kararlara maruz kalması, hasta yetkilendirmesinin arkasındaki birincil motivasyon sağlayan güç olarak değerlendirilmektedir. Doktor ve hasta arasındaki bu ataerkil anlayış, yerini 20.yüzyılın sonu ve 21.yüzyıla birlikte ortak karar almaya başlanan yeni bir sürece bırakmaktadır. Bu değişim sürecinin arkasındaki en temel nedenlerden birisi de kuşkusuz kronik hastalıkların sağlık sistemi üzerinde artan ölçülerde yarattığı yük olmuştur (Meskó vd., 2017: 3–5).

Geçmişte hekimlerin sağlık konularındaki yaklaşımları otoriter bir bakış açısına sahip oldukları şeklinde ifade edilmektedir. Bu durum hastaların aktif katılımının teşvik edilmesi önündeki bir engel olarak değerlendirilmektedir (Greiwe & Nyenhuis, 2020: 3). Sağlık bilgi teknolojisi, tele-izleme platformu ve mobil sağlık uygulamaları gibi tüketici e-sağlık araç ve hizmetlerinin genişletilmesi, bireylerin sağlık hizmetlerine aktif olarak katılmaları için yeni fırsatlar yaratmaktadır. (Appelboom vd., 2014: 28). Hastaların sağlıklarıyla ilişkili durumlara hasta merkezli ve işbirlikçi iletişim ile dâhil edilmeleri hastaların uyum ve memnuniyet oranlarında iyileşmelere ve daha etkili bir doktor-hasta ilişkisinin oluşmasına katkı sağlayabilir (Greiwe & Nyenhuis, 2020: 3). Sağlık alanında dijital teknolojilerin kullanılması ile hasta katılımı ve hasta yetkilendirme deyimlerinin kullanımı artmaktadır. Bu söylemler, hasta ya da sıradan bireyin sağlık ve sağlık bakımı ile ilgili eylemlerin merkezinde aktif olarak katılımcı bir birey haline gelmesine yardımcı olmaktadır. Hastalar kişisel sağlık durumlarını ne kadar iyi anlarsa davranışlarında anlamlı değişiklik yapma isteklerinin o kadar güçlü olacağı düşünülür (Yang vd., 2019: 2180–2182).

Dijitalleşen sağlık, hastaların tıbbi durumlarını evde kendi kendilerine izlemeye yönlendiren, böylece sağlık hizmet sunucularına yapılan ziyaretleri

azaltmayı ve sağlık hizmeti sunucuları ile yüz yüze görüşmekten ziyade bu teknolojiler vasıtasıyla iletişim kurmayı özendirilmektedir (Lupton, 2014: 1346). Sağlık hizmetlerindeki bu potansiyel gelişme sayesinde rutin medikal konsültasyonlar ve diğer sağlık hizmetlerinin hastanelerden ev ortamlarına doğru kayması beklenmektedir. Böylece hasta kesintisiz ve herhangi bir zamanda ev ortamı konforunda sağlık hizmeti alabilecek, toplumsal mali yük uzaktan tedavi yöntemi ile azaltılabilecek ve kaynakları daha fazla sağlık hizmeti ihtiyacı içerisinde bulunan insanlar için kullanılabilir (Yang vd., 2014: 16–17).

Dijitalleşen sağlık hizmetlerinden beklenenler,

- Yüksek kaliteli bakım sağlanırken, maliyetlerin düşürülmesi,
- Mümkün olduğunca fazla insana bakım ulaştırılması,
- Sağlık uzmanlarına her yerden ve her zaman ulaşımın sağlanabilmesi,
- Sağlık harcamalarının odağının tedaviden önleyici sağlık hizmetlerine kaydırılması,
- Hastanede kalış sürelerinin kısaltılması ve sağlık hizmet sunumunun merkezden uzaklaştırılması,
- Kronik hastalıkların bakımına önem verilmesi.

Sağlık hizmetleri ve tıp uygulamalarının hızlı dönüşmesinde bir katalizör görevi gören teknolojinin sağlıkta kullanılması, yukarıda sayılan beklentilerin gerçekleşmesi açısından önem arz etmektedir (Park & Jayaraman, 2003: 41). Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemeler sağlık hizmeti için gelişmiş bir hizmet dizisini destekleme potansiyeline sahip yeni bir iletişim altyapısının oluşmasına liderlik etmektedir. Kablosuz mobil tabanlı bu yeni altyapının sağlık hizmetleri endüstrisinde devrim yaratması beklenmektedir. Kablosuz mobil teknolojiler, sağlık hizmetlerine sesli iletişim, mesajlaşma, bildirim, varlık takibi, uzaktan erişim gibi farklı şekillerde uygulanabilir (Siau & Shen, 2006: 96–97). Kablosuz mobil teknolojilerinin sağladığı sürekli bağlantı, sağlık sektörünün gerçek zamanlı bilgi ve her zaman, her yerde iletişim ihtiyacının karşılayabileceğini göstermektedir. Kablosuz mobil teknolojilerinin kablolardan bağımsız sağladığı kapsama alanları, sağlık tüketicilerin sağlık profesyonelleri ile her zaman ve her yerde iletişim kurmasına imkân sağlamaktadır. Mobil cihaz konumlarının küresel konumlandırma servisi (GPS-

Global Positioning System) ile kullanıcıların fiziksel konumuna ulaşılabilmesi tıbbi müdahaleye veya tedaviye ihtiyaç olduğunda sağlık hizmeti sağlayıcıları için kolaylık sağlayacaktır. Kablosuz mobil teknolojilerin sağlık hizmetlerinde kullanımı ile bakım hizmetlerini ambulans, gemide, trende, evde ya da uçakta verimli bir şekilde kullanımına imkân sağlayacaktır. Mevcut mobil teknolojilerin kısıtlı özellikleri, sağlık bakım sisteminin en umut verici alanları için bu sistemlerin geniş kullanımını engellemektedir (B. Kumar vd., 2010: 828–829).

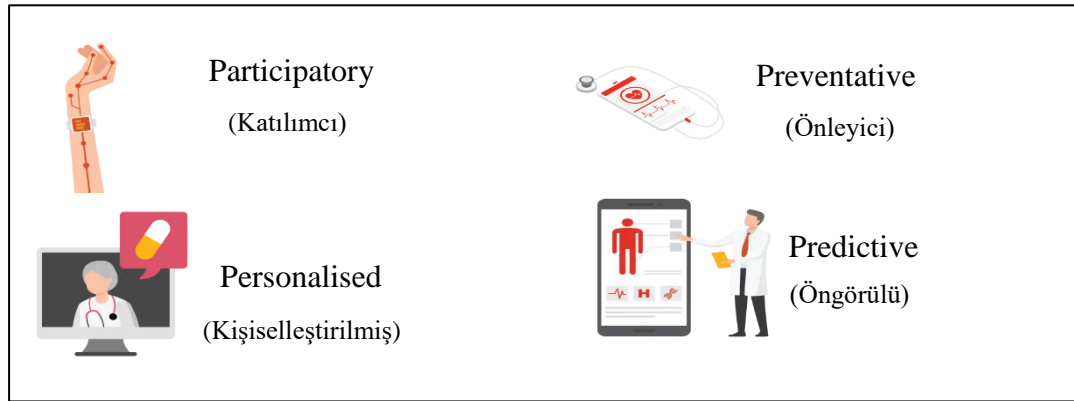
Giderek artan sayıda uzak uç uygulamalar ile hızlı büyüyen sağlık sektörü, hastalar, sağlık bakım sunumu yapan profesyoneller, medikal ekipmanlar ve diğerleri arasında etkili bağlantı sağlamak için güçlü bir iletişim ağına ihtiyaç duyulacağı ifade edilmiştir. Kablosuz bağlantının bir sonraki evrimi olan 5G teknolojisinin, bu ihtiyaçları karşılamak ve sağlık hizmet sunumunun geleceğini dönüştürmekte etkili bir rol üstleneceği beklenmektedir (Dananjayan & Raj: 2020, 1).

2. 2. 5G'nin Sağlık Alanındaki Uygulamaları

Sağlık hizmeti, geleneksel hastane ve uzman odaklı yaklaşımdan dağıtılmış hasta merkezli yaklaşıma doğru hızlı bir dönüşüm yaşamaktadır. Çeşitli teknolojilerdeki gelişmeler, sağlık hizmeti özelindeki bu hızlı dönüşümü beslemektedir. Değişen ve gelişen iletişim teknolojisinin kişiselleştirilmiş ve uzaktan sağlık hizmeti sunumuna katkı sağlaması öngörülmektedir. Günümüzde 4G ağı ve diğer iletişim teknolojileri sağlık hizmetleri alanında farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Akıllı sağlık hizmet pazarı genişledikçe ağa bağlanan uygulamaların sayısı, boyut ve biçim bakımından değişiklik gösteren veriler üreteceklerdir. Bu durum, diğer faktörlerin yanı sıra bant genişliği, veri hızı ve gecikme açısından ağa karmaşık talepler getirecektir. Akıllı sağlık hizmetleri pazarı olgunlaştıkça, hastanelerde sensör tabanlı uygulamalara sahip çok sayıda cihaz ve makineye yönelik bağlantı ihtiyaçları, Devasa Makine Tipi İletişimi uygulama ihtiyacını gerektirecektir. Uzaktan ameliyatlar ve Dokunsal İnternet gibi diğer kullanım durumları, Ultra Güvenilirlik ve Düşük Gecikmeli İletişim veya Makine Tipi İletişim-Nesnelerin İnterneti ihtiyacını artırması kaçınılmazdır. Mevcut iletişim teknolojileri, çeşitli akıllı sağlık uygulamaları tarafından iletişim ağlarına yüklenen karmaşık ve dinamik ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu nedenle, ortaya çıkan 5G

ağının, ultra düşük gecikme süresi, yüksek bant genişliği, ultra yüksek güvenilirlik ve yüksek enerji verimliliği gibi gereksinimlerin çoğunu karşılayabilen akıllı sağlık hizmeti uygulamalarını desteklemesi beklenmektedir (Lloret vd., 2017: 340–351). Çoğu insan için 5G daha hızlı internet anlamına gelse de 5G'nin sağlık hizmetleri üzerinde yaratacağı etki muhtemelen beklenmedik olacaktır. 5G'nin 1 ms'den daha az gecikme, 20 milyardan fazla bağlı cihaz ve 1GB/s'ye kadar iletim hızı sunmayı hedeflemesi gibi yetenekleri gelecekte hastane varlıklarının izlenmesi ve takibi, robotik destekli tele-cerrahi, yardımcı yaşam, sağlık verilerinin uzaktan izlenmesi ve uzaktan ilaç uygulamaları gibi birçok sağlık senaryosunda değişiklikler yaratabilecektir (Koop vd., 2008: 29).

5G teknolojisi sağlığın tüm kritik bileşenlerini dönüştürüp geliştirmesi beklenmektedir. Bu yeni teknolojinin sağlık alanında kullanımı arttıkça, IoT, yapay zekâ ve robotik uygulamalardaki gelişmelerle de desteklenince yeni bağlantılı bir sağlık ekosistem şekillenebilir. Bu yeni ekosistem literatürde sağlığın 4P'si olarak adlandırılır. (Jenkins & Ma'ayan, 2013: 119).



Şekil 2: Sağlığın 4P gösterimi

Participatory (Katılım): 5G özellikli sağlık ekosisteminde, hastalar daha az pasif sağlık tüketicileri olacak ve kendi sağlık sonuçlarını yönlendirmede daha fazla katılımcı olmalarına imkân sağlanabilir.

Predictive (Öngörülü): Hastaların yaşamsal belirtileri ve ilgili uyarıları hakkında sürekli bir anlık veri akışıyla donatılmış, yaşam tarzı davranışları ve sosyal faktörler hakkındaki bilgilerle harmanlanmış yeni sağlık ekosistemi

Personalised (Kişiselleştirilmiş): 5G üzerinden sağlanan anlık gerçek zamanlı sağlık verileri ile insanların sağlık deneyimlerini ve müdahalelerini kişiselleştirilmesi olarak ifade edilir.

Preventative (Önleyici): 5G teknolojisi ile sürekli izlem altında olan hastaların ciddi durumlar yaşanmadan hastalıklar ile ilgili önlemlerin alınması sağlanabilir.

5G'nin yüz milyonlarca hastanın aldığı sağlık hizmetinin kalitesi üzerinde büyük etkilere sahip olması ve sağlık hizmetlerinin sunum modelleri üzerinde önemli değişiklikleri beraberinde getireceği değerlendirilmektedir. Bu değişimler yeni iş modellerinin oluşmasına neden olurken yeni bir '*kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti*' döneminin başlamasına öncülük etmesi muhtemeldir. 5G 'nin sağlık hizmetleri sektöründeki etkisini anlatacak ve özü en iyi şekilde yakalayacak söz '*sağlık hizmetinin kişiselleştirilmesi*' olarak ifade edilmektedir. Sağlık hizmetlerinin kişiselleştirilmesi aynı zamanda doktorların ve diğer sunucuların ilk seferde doğru teşhisler koyabilecekleri ve hastanın kişisel ihtiyaçlarına daha yakın çözümler oluşturabileceği anlamına gelmektedir. (Teece, 2017: 2).

Önümüzdeki 10 yıl içinde, sağlık hizmetlerinin sunum şeklinin hastane merkezli olmaktan çıkıp ilk olarak hastane-ev dengesine, ardından da 2030'da ev merkezli hale getirileceği tahmin edilmektedir. Bu temel dönüşüm, akıllı alanlar ve sağlık hizmeti alanları için nesnelerin interneti ve teknolojilerinin yakınsaması ve örtüşmesi ile gerçekleşebilecektir (Ullah vd., 2016: 373).

2. 2. 1. Uzaktan Tıbbi İzlem

Sağlık alanında kullanılan IoT, temelde hasta ile sağlık tesisi arasında bağlantıya izin veren bir ağ mimarisidir (Philip vd., 2021: 24). Sağlıkla ilgili çeşitli verilerin toplanması çok sayıda farklı ağa bağlı cihazların varlığını gerektirir. Bu durum IoT teknolojisini geniş sağlık hizmeti konsepti içinde tercih edilen bir teknoloji alanı haline getirebilir (Kos & Umek, 2019: 1332). 4G teknolojisinin sınırlı bant genişliği sağlık hizmetleri sistemlerinde IoT teknolojisinin kullanılmasını sınırladığı ifade edilir. Nesnelerin internetinin en iyi uygulama alanlarından birisi de sağlık hizmetleri sunumunda yaratması düşünülen fırsatlardır. IoT cihazları uzaktan hasta takibi ve acil durum bildirim sistemlerini etkinleştirebilmek için kullanılabilir.

IoT tabanlı sağlık hizmetleri, internet üzerinden teŖhis, takip ve uzaktan cerrahi müdahale gibi hizmetleri gerekleŖtirmek için mevcut tüm kaynakları bir ağ olarak birbirine bağlamaktadır (Yın vd., 2016: 4–5). Sağlık hizmetini IoT özellikleriyle tıbbi cihazlara entegre etmedeki amaç, sağlık hizmet kalitesinde ve etkinliğinde artıŖ sağlamak ve özellikle kronik hastalıkları olan hastalar, yaŖlılar ve sürekli denetim ihtiyacı olan hastalara fayda sağlamaktır (Bhatt & Bhatt, 2017: 15).

Genel olarak değerlendirildiğinde bu sistemler ile sağlık hizmetleri hastane ve sağlık tesislerinden evlere doğru bir geniŖleme sürecine gireceği dŖnlmektedir. Sistem; hastaneler, sağlık tesisleri, rehabilitasyon merkezleri, doktorlar, hemŖireler, ambulanslar ve yardımcı cihazlar gibi tüm sağlık bakım kaynaklarını hastalarla bağlantılı hale getirmeyi hedeflemektedir (Yın vd., 2016: 3–5). IoT sistemleri ile birbirine bağlanan sağlık hizmeti sunumun kalitesinde ve ulaŖılabilirliđinde artıŖ yaŖanması olası sonuçlardandır. Bağlantılı hastaların dŖk maliyetlerle mobil sürekli izlenmesi ile anormal durumların önceden tespit edilmesi ve denetimli rehabilitasyon alanında önemli katkı sağlaması beklenmektedir. IoT ile çok sayıda hastaya eŖitli vücut sensörleri yerleŖtirmek vasıtasıyla uzaktan izlem ve hastaların kısıtlanmadan serbestçe hareket etmelerine imkân sağlayabileceği ifade edilmektedir (Ning vd., 2021: 463). Bağlantılı sağlık uygulamalarının mevcut sağlık hizmetleri alanında uygulanan etki-tepki modelini deđiŖtirerek proaktif odaklı bir modelin oluŖmasına katkı sağlayabileceği söylenir (Karamitsios & Orphanoudakis, 2017: 1182). Bağlantılı sağlık hizmetleri ile sağlık izleme, robotik ameliyatlar, ilaç tedavisi, implantlar, taŖınabilir teŖhis sistemleri, yaŖlı bakımı gibi birçok uygulamanın uzak mesafelerden yapılabileceği ifade edilmektedir (Sholla vd., 2017: 262). IoT, bağlantılı hasta kavramının iletiŖim altyapısını oluŖturmaktadır. Sağlanan bu alt yapı sayesinde hastaların fizyolojik parametrelerini sürekli takip edebilmek için fizyolojik durumları hakkında sürekli veri akıŖına ihtiyaç olduğu bilinir. Bu akıŖın sağlanması için giyilebilir teknolojiler denilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Jones & Katzis, 2018: 373).

2. 2. 2. Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir sistemlerdeki fikir, eŖitli biyolojik parametrelerin izlenmesi için vücut yüzey alanına yerleŖtirilmiŖ hatta implante edilmiŖ çoklu sensörler tarafından

oluşturulan tüm sinyallerin bir alıcı (akıllı cep telefonu ya da bir PC) tarafından kaydedilme ve bu kayıtların bir doktora iletilme süreci olarak ifade edilir. Hastalar ile uzak sunucular arasındaki gerçek zamanlı iletişim, mevcut iletişim teknolojisinin hala olgun seviyeye ulaşmamasından kaynaklı çözülmesi gereken önemli bir zorluk olarak değerlendirilir. 5G altyapısındaki geliştirilmiş özellikler (gelişmiş güvenlik, daha yüksek bant genişliği gibi) sistemin zorluklarının çözümü için önemli katkılar sağlaması muhtemeldir. 5G'nin giyilebilir teknolojilerle entegrasyonu, uzaktan sağlık hizmeti uygulamaları için önemli bir fırsat sunacağı değerlendirilmektedir (Sodhro & Shah, 2017: 1–3).

Giyilebilir teknolojiler arasında akıllı saatler, bileklikler, işitme cihazları, elektronik/optik dövmeler, başa takılan ekranlar, deri altı sensörler, elektronik ayakkabılar ve elektronik tekstiller gibi vücudun farklı alanlarında kullanılacak cihazlar bulunmaktadır. Giyilebilir teknolojiler elektro fizyolojik veya biyokimyasal sinyalleri ölçmek ve ilaç tedavisi uygulayabilmek için epidermise uyumlu bir şekilde yerleştirilebilirler. Elektronik uyarı sağlamak, fiziksel ve biyokimyasal bilgileri algılamak veya ilaç dağıtmak için giysilere, aksesuarlara veya epidermal yüzeye dâhil edildiklerinde bu tür teknolojiler genel olarak tıbbi giyilebilir ürünler olarak adlandırılır (Zeng vd., 2014: 5318). Cihazlar bağımsız olarak çalışabilecekleri gibi kullanıcıyla anlamlı bir etkileşime izin veren akıllı bir telefona bağlanarak da çalışabilirler. Giyilebilir teknolojilerin temel özelliği eller serbest işlevidir. Eller serbest işlevi insanların günlük rutin etkinliklerini ve iş ile ilişkili görevlerini gerçekleştirirken sağlık verilerine erişimin sağlanıyor olmasını ifade etmektedir. Giyilebilir cihazların literatürde farklı yazarlar tarafından belirlenmiş diğer özellikleri; bütünlük, kesintisiz, şeffaf, rahat, taşınabilir, çok işlevli, kullanışlı, güvenilir ve pratik olmasıdır (Çiçek, 2015: 46).

Giyilebilir cihazlar, kısıtlı hastane ve sağlık tesisleri çevreleri dışında hastalar hakkında bilgi elde etmek için kullanılabilir. Hastaneler ve hekimler artık tek ve ana veri üreticileri olmadığından, giyilebilir cihazların yeni iç görüler oluşturmak ve süreçlerin daha verimli gerçekleşmesini sağlamak için büyük önem taşıyacağı belirtilmektedir. Sağlık uzmanlarını sağlık risklerini belirlemeye, hastalığın ilerlemesini izlemeye ve tedavi veya tavsiye sağlamaya yardımcı olmak için sağlık tesisi dışına bakmak için gerekli motivasyonun sağlanmasında giyilebilir teknolojiler

önemli katkıda bulunabilirler. Bu sayede ilgili veriler kontrollü bir klinik ortam dışından bağımsız bir şekilde elde edilebilir. Bu izlemler günler, aylar hatta yıllar boyunca sürekli bir şekilde yapılabilir. Kullanıcılar, giyilebilir cihazlar sayesinde toplanan bilgiler ile sağlık durumları hakkında daha fazla bilgiye sahip hale getirilebilir. İnternet kaynakları ve sosyal ağları kullanan ve bunlardan yararlanan kullanıcılar, elde ettikleri verilerini kendi kendileri yorumlayarak bulgularını diğer insanlarla paylaşabilecek duruma gelebilirler (Amft, 2018: 95–96). Kanser, diyabet, inme ve kardiyovasküler hastalıklar gibi ciddi veya kronik sağlık sorunlarından mustarip hastalar için giyilebilir cihazlar hayati öneme sahip parametreleri takip edebilir ve bu bilgileri elektronik olarak sağlık hizmeti sağlayıcılarına iletebilir (West, 2016: 7).

Giyilebilir cihazların inme gibi ciddi hastalıkların izlem ve tedavisinde kullanımı literatürde farklı çalışmalarda incelenmiştir. İnme sonrası evde rehabilitasyon müdahalelerinin etkinliğini izleme ve yaşlı yetişkinlerde mobilitate yardımcı cihazların kullanımı gibi uygulamalarda hareket verilerini yakalamaya yönelik sensörler kullanılabilir. İnme sonrası hastalar, motor becerilerini geliştirmek için fiziksel rehabilitasyon hizmetlerine ihtiyaç duymaktadırlar. İnme geçiren bireylerin yaklaşık %75'i günlük yaşamın temel aktivitelerini yerine getirmekte, %50'sinden fazlasında yürümekte güçlük çekmektedir. Bu hastalık artan hareketsizliğe ve olumsuz koşullara yol açarak daha fazla sakatlığa neden olabilmektedir. İnme geçirmiş bireyler için günlük aktivite miktarını ve yürüme kabiliyetini arttırmak başlıca hedeflerdendir (Jørgensen vd., 1995: 27–32). Bu egzersizlerin fizik tedavi kliniklerinde yapılması gerekmektedir. Klasik rehabilitasyon ekipmanlarıyla gerçekleştirilen geleneksel rehabilitasyon süreci, can sıkıcı ve sıradan tekrarlayan egzersizler içermektedir. Bu durum hastaların rehabilitasyon sürecine ilgisizliklerine, rehabilitasyonun kalitesinin düşmesine ve sağlık sistemine ekstra maliyet oluşturmalarına neden olabilir. Gupta ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada fiziksel rehabilitasyon sırasında hasta katılımını iyileştirmek ve gelişimleri değerlendirmek için bir çift eldiven içine yerleştirilmiş akıllı sensörler tarafından oluşturulan IoT giyilebilir sensör ağı ve VR oyunlarının birleştirilmesi ile fiziksel rehabilitasyon uygulanması amaçlanmıştır. Sanal gerçeklik ile üretilen farklı içerikli oyunlar, motor güçlüğü bulunan hastaların bir dizi

giyilebilir cihaz kullanarak, yüksek seviyede etkileşimli, rehabilitasyon sürecine katkıda bulunan ve müdahaleci olmayan bir şekilde egzersiz yapmasına imkân sağlayabileceği belirtilmiştir. Kullanılan bu yöntem ile hastalara fiziksel eğitim sırasında gerçek zamanlı olarak sanal nesnelere etkileşime girme fırsatı tanınarak hastaların belirli motor becerilerinin gelişmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir. Fiziksel eğitim seanslarının giyilebilir cihazlar ile uzaktan izlenebilmesi, doktor ve fizyoterapistlerin egzersizleri kişiselleştirmeleri için önemli faydalar sağlayabileceği ifade edilmiştir. Bu durum ayrıca kısa zamanda daha iyi rehabilitasyon sonuçları almak için hastalara daha faydalı olması beklenmektedir (Postolache vd., 2021: 562–573).

Giyilebilir teknolojilerin doğal kullanım kolaylıkları ve düşük maliyetleri nedeniyle kronik hastalarda fizyolojik durumların uzun süreli izlenmesi için özellikle uygun olduğu literatürde sıklıkla vurgulanmıştır (Yang vd., 2019: 2182). Neredeyse her tür hayati fonksiyonun izlenmesi için önemli sayıda giyilebilir cihaz geliştirilmiştir. Kronik hastalıkları olan hastalar için evde bakım üzerine yapılan çalışmalara göre, giyilebilir cihazlar, acil bir ihtiyaç olarak kardiyovasküler fonksiyonların izlenmesi ve solunum dahil olmak üzere yaygın olarak gözlenen çeşitli semptom ve bozulma belirtilerini tespit etmek için kullanılabilir. Aritmi, kalp yetmezliği ve diğer kardiyovasküler hastalığı olan hastalarda hastaların durumunun izlenmesini sağlayabilir. Örneğin, giyilebilir EKG saatleri, atriyal fibrilasyon hastalığının başlangıcını otomatik olarak tespit edebilmektedir (Randazzo vd., 2019: 2). Perez ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan ve atriyal fibrilasyonun tespit edilmesini hedefleyen çalışmada Apple Watch uygulaması, atriyal fibrilasyon düşündürülen durumları tanımlayan bir algoritma içinde aralıklı olarak algılanan nabız hızı verilerini kullanılabileceğini göstermiştir. Atrial fibrilasyon en sık teşhis edilen kardiyak aritmidir. ABD’de yaklaşık olarak 6 milyon insanı etkilemekte ve bunların üçte biri ömür boyu risk taşımaktadır. Çalışmada katılımcılar dinlenirken Apple Watch ışık yayan ve ışığa hassas diyotlar kullanan fotopletizmografi sensörü yardımıyla kan akışındaki değişiklikleri aralıklı ve pasif olarak ölçmüştür. Sensörler sayesinde düzensiz nabız bildirimleri alan katılımcılar belirlenerek, bu katılımcılar 7 günlük EKG izlemi için gözlem altına alınmıştır. Düzensiz nabız bildirimleri alan katılımcıların %35’inde atriyal fibrilasyonun olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışma ile

dijital uyarıların sağlık hizmetleri sistemiyle nasıl etkileşim kurduğu açısından önemli bakış açısı sağlamıştır (Perez vd., 2019: 1909–1917).

Giyilebilir cihaz araştırmacıları son yirmi yıldır çok sayıda sağlık hizmeti uygulamaları öngörüsünde bulunmuşlardır. Son birkaç yıl içinde tıp uzmanları ve mühendisler giyilebilir teknolojiyi tanı ve bakım süreçleri ile birleştirmeye gözlemsel ve randomize kontrollü çalışmalar ile hastalar üzerindeki etkinliklerini doğrulamaya başlamışlardır.

Giyilebilir Teknolojilerde Diyabet Örneği

Önde gelen örnek diyabetik hastalarının kan şekeri ölçümleri ile ilgilidir (Amft, 2018: 92). Diyabet dünya nüfusunun yaklaşık %8,5'inin muzdarip olduğu son derece yaygın bir kronik hastalıktır. Dünya genelinde 422 milyon insan diyabetle mücadele etmek zorundadır. Ancak mevcut diyabet tespit etme sistemi çeşitli problemler barındırmaktadır. Bu problemler aşağıda sıralanmıştır

- Sistem konforlu değildir ve gerçek zamanlı veri toplamak zordur.
- Mevcut sistemin spor, diyet, yaşam tarzı gibi farklı kaynaklardan sağlanan büyük verinin kişiselleştirilmiş analiz ve veri paylaşım mekanizması zayıftır.
- Diyabetin önlenmesi ve tedavisi için sürekli bir öneri ve ilgili denetim stratejisi yoktur.

Min Chen ve arkadaşları (2018) yukarıda sayılan problemlerin çözümü için 5G akıllı diyabet adında bir çözüm sunmaktadırlar. 5G-akıllı diyabet ile ulaşılmak istenen hedefler ise şu şekildedir:

Maliyet etkinliği: Hastane dışı tedaviyi kolaylaştırarak yerinde tedaviye kıyasla maliyeti ve özellikle hastaların uzun süre hastanede kalma sürelerini azaltması beklenmektedir.

Rahatlık: 5G-akıllı diyabet hastaların kan şekerini ve diğer fizyolojik göstergelerini kolayca izlemek için akıllı giysiler, cep telefonları ve taşınabilir kan şekeri izleme cihazlarını bütünleştirmektedir

Kişiselleştirme: Diyabet teşhisi oluşturmak için çeşitli makine öğrenimi ve bilişsel hesaplama algoritmalarının kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Sürdürülebilirlik: Veriye dayalı diyabet teşhisi ve tedavisi

Akıllılık: Hastalara kişiselleştirilmiş tedavi sağlayabileceği ve diyabetin önlenmesi ve erken tespitinin muhtemel olabileceği düşünülmektedir.

Diyabetin tespiti için kan şekeri seviyesinin bilinmesi önemlidir. Mevcut sistemde hastanın kan şekeri seviyesinin periyodik olarak incelenmesi ile diyabet teşhisinin konulması için hastaneye yatışı gereklidir (M. Chen vd., 2017). Hastalıktan muzdarip hastalar, hastalık komplikasyonlarından kaçınmak için doğru miktarda insülin almak için kan şekeri konsantrasyonlarının sık, hatta sürekli izlemi gereklidir. 5G akıllı diyabet ile hastalığın etkili bir şekilde önleme ve hastane sonrası tedavisi gerçekleştirileceği yazarlar tarafından ifade edilmiştir. Sistem ile hastaların fizyolojik izlemi sadece kan şekeri seviyeleri ile sınırlı olmayıp, diğer göstergeler de dâhil edilmektedir. Kişilerin kapsamlı koşulları uzun periyotta ve sürdürülebilir bir şekilde izlenerek elde edileceği ifade edilmiştir. Etkili bir ölçüm yapılabilmesi için kişilerin gerçek yaşam ve egzersiz anındaki durumları izlemeye alınmaktadır. Sistem mimarisinin üç katmandan oluşacağı ileri sürülmekte olup bunlar aşağıda sunulmuştur (M. Chen vd., 2018: 16–17).

Algılama katmanı: Kan şekeri izlem cihazı, giyilebilir cihaz (akıllı giysi) ve akıllı bir telefon vasıtasıyla diyet, spor, fizyolojik ve kan şekeri bilgilerini anlık toplamaktadır. Kan şekeri izlem cihazı, izlemi ev koşullarında da gerçekleştirilebilecek şekilde güncellenebilir. Kullanıcıların, sıcaklık, elektrokardiyograf ve kan oksijen düzeyi gibi fizyolojik göstergelerin izlenmek ve bu izlemlerden elde edilen verilerin toplanmasını sağlamak için akıllı giysilerden yararlanır. Hastanın fizyolojik parametreleri hakkında bilgiler akıllı giysi yardımıyla kişinin gerçek zamanlı vücut sinyalleri (sıcaklık, EKG ve kan oksijen düzeyi) toplamak için kullanılır. Egzersiz ve diyet istatistik kayıtları, hareket verileri ve hastane ortamında bulunduğu süredeki kayıtların akıllı telefonlar vasıtasıyla toplanabileceği ifade edilmiştir (M. Chen vd., 2018).

Kişiselleştirilmiş teşhis katmanı: Algılama katmanında toplanan tüm veriler 5G ağ vasıtasıyla sağlık bakım büyük veri bulutuna yükleneceği ifade edilmiştir. Buluttaki büyük veri, hastalığın tahmin ve analiz edilebileceği etkili kişiselleştirilmiş modellerin inşa edilebilmesi için modern makine öğrenme yöntemleri kullanılarak ortak bir şekilde işlenebilecektir. Bu katmana fizyolojik, diyet ve spor gibi çoklu algıcılardan elde edilen verilerin, veri ön işleme ve derin öğrenme, makine öğrenimi

ve bilişsel hesaplamaya dayalı akıllı bilişsel bir model önerimi gibi farklı yöntemler ile daha iyi analiz sonuçları vermesi beklenen kan şekeri veri füzyonu dahil edilmektedir.

Veri paylaşım katmanı: 5G-Akıllı Diyabet sistemi ilk olarak bulutlardaki sosyal ilişki ile fiziksel veri konumu arasındaki bağlantıyı keşfetmek için 5G ağını, sosyal ağı ve büyük veri ağını entegre ederek ortak sosyal alan ve veri alanıyla veri paylaşımını kolaylaştıracağı ifade edilir. Sosyal alan veri alanlarından verilerin daha kolay paylaşılmasının sağlanması ile her bir hasta diyabet hakkında sahip olduğu bilgileri diğer insanlarla paylaşarak bu hastalıkla mücadelede daha iyi motivasyon sağlaması beklenirken, diğer yandan uzun süredir bu hastalıkla mücadele eden ve başarılı deneyimlere sahip kişilerden ihtiyaç duyulan kişisel sağlık hizmeti tavsiyeleri alınabilir (M. Chen vd., 2018: 18).

Giyilebilir cihazların bir diğer kullanım alanı, giyilebilir cihazlar ile fizyolojik sinyallerin aralıklı ve sürekli izlenmesi vasıtasıyla kardiyovasküler hastalıkların hem tanısında hem de tedavi sürecinin ilerletilmesi açısından kritik bir role sahip olması beklenmektedir. Elektrokardiyogram veya kan basıncı gibi fizyolojik olayların sadece klinik ve hastane ortamlarında izlenmesi, hasta fizyolojisi için dar bir pencereden bakış açısı sağlayacağı ifade edilir. Elektrokardiyogramın sürekli kaydedilmesi ve hastanın günlük normal rutin işlerini yaparken kalp ritminin izlenmesi ve kayıt altına alınması ile kısa izleme dönemlerinde yakalanması olası olmayan nispeten nadir ritim olaylarının yakalanmasını sağlayabileceği düşünülmektedir. Kalp atış hızındaki bu tür günlük değişikliklerin ve belki daha da önemlisi, 24 saatlik zamandaki kalp hızındaki değişkenliğin hastalık gelişimi ve ilerlemesi açısından önemli bir gösterge olduğu bilinmektedir (Panina vd., 1995: 748–749). Kalp hızı değişkenliğindeki günlük değişim eksikliğinin, konjestif kalp yetmezliği ve kardiyomiyopatisi olan hastaların özelliği olduğu ve muhtemelen bu hastaları karakterize eden otonom işlevdeki derin anomalilerin bir sonucu olduğu ifade edilmektedir. Bu tür bilgiler uzun süreli izleme araçları tarafından en az 24 saatlik döngülerle elde edilebilir. Bu tür kalp atış hızındaki günlük değişimleri ve bunların tanısal etkileri konusundaki deneyimleri daha da ilerletecek deri altına implante edilen kalp ritmi pilleri kullanılarak bu tür sorunların teşhisinde anahtar bir rol üstlenilebilir (Binkley vd., 2003: 24).

Bir diğerk çalışma Parkinson hastalığı ile ilgilidir. Michael J. Fox vakfı, Parkinson hastalığıyla ilişkili olan ve titremelere neden olan durumu izleyen cihazlar üzerinde araştırmalara öncülük etmiştir. Doktorlar, hastalar tarafından sağlanan titreme sayısı ve süresi ile bunların zaman içinde nasıl değiştiğini gösteren raporlara güvenmek yerine, hastalığın gerçek zamanlı, güvenilir ve hastalığın birçok farklı yönü için geçerli veriler sağlayan giyilebilir hareket sensörleri kullandıklarını ifade etmektedirler. Bu seviyede bulunan veri eşi görülmemiş bir düzeydedir. Bu verilerin analiz edilmesi ile semptomların kötüye gidip gitmediği ve olası bozulma nedenleri gibi durumların belirlenmesinde yardımcı olabileceği düşünölmektedir. Bu tarz izleme araçlarının kullanımı özellikle yaşlı insanlar için kritik öneme sahiptir. Bu tür bireylerin çoğunun hareket kabiliyetleri kısıtlı olduğu için bir hastaneye ya da doktor ofisine gitmek için seyahat edemeyebilirler. Bu kişilerin şayet şikayetlerinin teşhisi çok karmaşık bir durum oluşturmuyorsa, ihtiyaç duydukları tıbbi yardımı video konferans ve tele tıp vasıtasıyla alabilirler. Doktorlar ya da sağlık profesyonelleri insanların hayati sinyaller, hareket, düşme ve farklı durumlar gibi sağlık sorunlarının gerçek zamanlı teşhisini sağlamak için izleyebilirler (Hume & Looney, 2016: 30–33).

Tayvan'ın Taipei şehrinde sağlık hizmetleri bilgilerini yönetmek için vatandaş telebakım hizmet sistemi (CTSS-Citizen Telecare Service System-vatandaş uzaktan bakım hizmet sistemi) isimli bir sistem uygulamaya konuldu. Hükümet bu platformu kullanarak, coğrafı kısıtlamaları aşmaya, tıbbi kaynakları yeniden tahsis etmeye ve yaşlı insanların fizyolojik durumlarını ev ortamının sağladığı konforla beraber izlemeye çalışmaktadır. Sistem, sürekli biyometrik izlemeye izin veren teknolojilerle tamamen birleşmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca hipertansiyon gibi kronik hastalıklı hastalar için tıbbi yardım, sağlık eğitimi ve anormal sağlık durumlarında erken uyarı vermesi beklenmektedir. Sistem, vücutta günlük olarak gerçekleşen binlerce metabolik aktiviteyi takip ederek gerçek zamanlı yönetime izin vermektedir. Bunun yanında sistem kritik bakım durumlarını önlemeye yardımcı olmak için algoritmalar kullanmıştır. CTSS mobil cihazlarda, dizüstü bilgisayarlarda ve sunucularda bir kardiyovasküler hastalık risk analizi algoritması oluşturmuştur. Bu akıllı algoritma aritminin erken uyarısı için uygulandığı ifade edilmiştir. Ayrıca sistem evde

bakımdaki pratik uygulamalar için mükemmel hassasiyet ve özgüllük ile klinik deneylerle doğrulandığı belirtilmiştir (West, 2016: 7).

2. 2. 3. Uzaktan Tıbbi Müdahaleler

Şimdiye kadar anlatılan 5G bağlantılı sağlık sisteminin bir sonraki adımı, sağlık uygulayıcıların özellikle doktorların küçük fiziksel etkileşimler dâhil olmak üzere uzaktan fiziksel nesnelere manipüle edebilmesi ve operasyonları gerçekleştirmesini sağlayacak, dokunsal internet/becerilerin interneti olarak bilinen kavramdır (Sachs vd., 2019: 325). Dokunsal internetin kullanımı ile robotların, makinelerin, araçların yerde veya havada uzaktan ameliyat, uzaktan rehabilitasyon gibi tele müdahalelere imkân vereceği tartışılmaktadır. Mevcut internet altyapısının gelişmeye ve bilgiye erişim sağlamaya yardımcı olduğu gibi, dokunsal internette becerilere ve uzmanlığa erişimi demokratikleştirmesi beklenmektedir. Dokunsal internetin temel amaçlarından biri coğrafi mesafeler boyunca gerçek ya da sanal nesnelere fiziksel etkileşimi desteklemesidir. Makineden makineye ve insandan makineye etkileşimleri içeren IoT' un bir sonraki evrimi olacağı düşünülen dokunsal internet, gerçek zamanlı kontrol ve fiziksel dokunsal deneyimleri uzaktan kontrol edebileceği düşünülmektedir. Geleneksel internet ve kablosuz ağlar genelde görsel ve işitsel bilgi odaklı çalışırken, dokunsal internet görsel-işitsel bilginin yanı sıra gerçek zamanlı dokunma ve müdahale eylemlerine de izin vereceği düşünülmektedir. (S. K. Sharma vd., 2020: 56949). 5G teknolojisi üzerine yapılan çalışmaların büyük bir kısmı dokunsal internet gereksinimlerini karşılamaya odaklanmıştır. Buradaki en büyük zorluklardan biri olarak değerlendirilen, kablosuz ağlar arasında gerçek zamanlı etkileşimleri mümkün kılacak ultra düşük gecikme (1ms) ve yüksek güvenilirlik (%99,9) sorunlarının 5G teknolojisi ile karşılanabilecek olmasıdır (Isto vd., 2020). Gelecekte öngörülen uçtan uca tele cerrahi gecikmesi 200 ms' den daha düşük olacağı tahmin edilmektedir. 5G ile sağlanan 1 ms' lik gecikme sayesinde uzaktan cerrahi müdahale yapılmasının mümkün hale gelmesi düşünülmektedir. Düşük gecikme ve yüksek güvenlik zorluklarının 5G ile karşılanması uzaktan tedavi hizmetlerinin verimlilik ve kalite artışında önemli katkı sağlaması beklenen dokunsal internet kullanımını açısından kritik öneme sahiptir (Majid & Hashmi, 2020: 292).

2. 2. 4. Tele-Robotik Cerrahi

Cerrahi hekimin hastanın bulunduğu ortamdan uzak bir yerden cerrahi operasyonlar gerçekleştirdiği sistemi tanımlamaktadır. Bu konum farkı, ülkeler arası hatta kıtalar arası olabilir. Cerrahi operasyonlar tamamen uzaktan bir cerrah tarafından hastanın bulunduğu alandaki bir robot aracılığıyla yapılabileceği gibi cerrah, hastanın bulunduğu bir alandaki ameliyat ekibiyle işbirliği yaparak uzman bir danışmanlık görevi de yapabilir (Jin vd., 2021: 83). Tele cerrahi, hastaları ve doktorları kablosuz bir ağ ve robotik sistem kullanarak birbirine bağlayan sistemin genel adıdır. Sistem ana alan ve bağımlı alan olarak çalışır. Gerçek zamanlı etkileşimli bir sistem, öncelikle bir doktor ya da uzmanın becerilerinin ana alanda yakalanması daha sonra bu becerilerin iletilmesi ve ikinci alanda başarıyla tekrar üretilmesi ve son olarak geri bildirimle döngüyü kapatması gereken kapalı döngü bir sistem olarak yorumlanmaktadır. Ana alanda beceriler, insan fiziksel müdahalelerini belirli hareket ve basınç talimatlarına çeviren dokunsal bir cihaz (giyilebilir veya robotik algılama) kullanılarak yakalanır, uzman becerileri doğru şekilde yakalandıktan sonra düşük gecikme süresi ve güvenilir bir iletişim sistemi kullanılarak bağımlı alana iletimi gerçekleştirilir. İkinci alanda yakalanan bilgiler komutlar aracılığıyla kontrollü bir cerrahi robot kullanılarak yeniden üretilmesi sağlanır (Aijaz vd., 2017: 82–83). Cerrahi robot, yüksek çözünürlükte bir 3D kamera, yüksek kaliteli bir mikrofon ve güvenilir dokunsal sensörlerle donatılmıştır. Cerrah operasyon boyunca hastaya dokunmaz ve hasta sahasındaki robotik kolu insan sistem arabirimi aracılığıyla yönlendirerek operasyonu gerçekleştireceği ifade edilir (R. Gupta vd., 2019: 22)

5G ve robotik teknolojideki gelişmeler ile tele cerrahinin bir gerçeklik haline geleceği yazarlar tarafından ifade edilir. Tele cerrahi sistemi, ameliyat robotunun bir uzantısı olan ameliyat için robotun uzaktan kumandasını ifade eder. Tele cerrahide kullanılan robotlar otomatik robotlar değil, doğrudan cerrahin kontrolü altındaki tele operasyonlu sistemlerdir, bu nedenle tele cerrahi adı verilmektedir (LaPietra vd., 2000: 835). Tele cerrahinin gelişmesi ve uygulanması, özellikle travma tedavisi sorununu çözmesi ve özel ortamlarda (savaş zamanı, doğal afet gibi) yerel tıbbi seviyeyi iyileştirmede faydalı olabileceği gibi etkileri ile dünya çapında yeni bir trend haline geleceği düşünülmektedir (Xia & Lu, 2021: 1).

Tarihsel olarak tele cerrahi ilk defa 2001 yılında üç New York cerrahının Strasbourg, Fransa’da altı domuz üzerinde kolesistektomi (safra kesesi ameliyatı) uygulamaları ile popülerlik kazanmaya başladığı ifade edilir. O zamandan beri tele cerrahi yapan robotlar Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA- Food and Drug Administration) tarafından onaylandığı ve önemli bir araştırma alanı olarak değerlendirildiği belirtilmektedir. Şu an çeşitli uzmanlık alanlarında Da Vinci Cerrahi Sistemi, Navio Cerrahi Sistemi ve Mako Robotik Kol gibi çeşitli robotik cerrahi sistemleri kullanılmaktadır. En yaygın olarak, gastrointestinal, jinekolojik ve ürolojik gibi minimal invaziv cerrahi operasyonlarında kullanım alanı bulmuştur (McNeely, 2020: 33). Minimal invaziv cerrahi operasyonlar, cerrahi işlem yapılacak alana ulaşmak için büyük bir kesi yapmaktan ziyade küçük kesilerden sokulan aletler ve görüntüleme ekipmanı ile cerrahi işlemlerin yapılması anlamına gelmektedir. Günümüzde tıbbi minimal invaziv cerrahinin önemi laparoskopik girişimler ile çok daha fazla önem kazanmaya başladığı ifade edilmektedir. Bu yöntemle hastanede kalış süresini, iyileşme süresini, ameliyat sonrası oluşabilecek komplikasyonları ve ağrıyı azaltarak sonuçları iyileştirdiği ifade edilmektedir (Lema vd., 2017: 1).

2. 2. 5. Yetersiz Hizmet Alanlarında Tele- Robotik Cerrahi

Tele cerrahinin sağlık sistemine sağlayacağı en önemli avantajlardan biri, sağlık hizmeti ulaşımının yetersiz olduğu alanlarda yaşayan sağlık tüketicilerine üst düzey bakım erişimi sağlayabilmesidir. Dünya nüfusunun çoğu için cerrahi bakıma erişim bir lüks olarak değerlendirilmektedir. Bu durum gelişmekte olan ülkelerdeki insanların olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Düşük ve orta gelirli ülkelerde kırsal alanda yaşayan yaklaşık iki milyar insanın acil ve temel cerrahi bakıma erişimden yoksun oldukları belirtilmektedir (Funk vd., 2010: 1055). Mesafe, yoksulluk, ırk veya ekonomik durum nedeniyle cerrahi tedaviye rutin erişimi olmayanlar acil bir cerrahi müdahale gerektirene kadar tedaviyi erteleyebilirler, bu durum morbidite ve mortalite riskinin artmasına neden olabilir. Bu koşullar hem sağlık sistemi ve hem de hastalar açısından akut sonuçlara neden olarak yaşamı yıkıcı şekilde tehdit eden durumların oluşmasına neden olabileceği ifade edilir. Yapılan araştırmalarda düşük gelirli ülkelerde pediatrik nüfusun %3’ünden azının ve düşük-orta gelirli ülkelerde %8’den azının cerrahi bakıma erişebildiği ortaya

konmuştur. Bu durum pediatrik hastalar için gecikmiş veya bakımsızlık nedeniyle erken ölümlere ve kronik sakatlıklara neden olabileceği ifade edilmiştir. DSÖ'nün en üst düzey karar alma oranı olan Dünya Sağlık Asamblesi erişim eksikliğini küresel bir sağlık sorunu olarak kabul etmektedir (Jin vd., 2021: 83). Cerrahi tedavi gerektiren hastalıklar, küresel hastalık yükünün önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Konservatif tahminler, dünyadaki engelliliğe neden olacağı düşünülen yaşam yıllarının %11'i genellikle ameliyatla tedavi edilebilecek hastalıklara atfedilmektedir. Cerrahi olarak tedavi edilen bu büyük hastalık yükünün özellikle düşük gelirli bölgelerde ele alınmak zorunda kalınması sorunun çözümü açısından zorluklar oluşturmaktadır. Her yıl yapılan tahmini 234 milyon cerrahi işlem, küresel nüfusun en zengin üçte biri ameliyatların %75'ine sahipken, en yoksul üçte biri yalnızca %4'üne ulaşabilmektedir (Funk vd., 2010: 1055).

5G teknolojisi tamamen kullanıma başladığında kırsal alanlardaki insanlar tıbbi hizmetlere ulaşmak için uzun yolculuklar yapmak zorunda kalmayacaklardır. Bu sayede sadece tıp uzmanları ile gerçek zamanlı konsültasyonlar yapmakla kalmayacaklar aynı zamanda uzaktan çalıştırılabilen robotik sistemler ile tedavilerini yapabileceklerdir. Sağlık uzmanları robotik kolları uzak mesafelerden kontrol edebilecek ve dokunsal geri bildirimler alabileceklerdir. Tele-cerrahide bir cerrah haptik (dokunma hissine ilişkin parametrelerin görüntülenmesi, iletimi ve yakalanması kapsayan yeni ortaya çıkan bir alan) cihazlarla uygulanan neşter ve neşter dokunuşunun hissini hissederek, gerekli kontrol eylemlerini uygulayarak ve görsel-dokunsal geri bildirim olarak hastaya uzak konumda cerrahi bir müdahalede bulunabilecektir (Kamil & Ogundoyin, 2021: 83–84).

Tele cerrahinin sağlanması beklenen potansiyel faydaları aşağıda sunulmuştur (Acemoglu vd., 2020: 512–513).

Acil müdahaleler: Tele cerrahi, hasta veya cerrahın seyahat edemediği acil durumlarda hayat kurtaran operasyonların yapılmasını mümkün kılabilir.

Yetersiz hizmet alan bölgelerde cerrahi bakım: Kırsal alanlar veya az gelişmiş ülkeler gibi uzman cerrah eksikliğinden muzdarip alanlarda cerrahi uzmanı ihtiyacını karşılamak için çok önemli olabilir. Bu gibi durumlarda tele cerrahi sağlık hizmetlerinin kalitesini arttırabilir ve seyahat maliyetlerinin düşürülmesinde önemli katkılar sağlayabilir.

Cerrahi eğitim: Tele cerrahi ve uzaktan eğitim kavramları, birden fazla uzman cerrah ve uzaktan uygulamalı eğitime erişim sağlayarak dünya çapında görece az deneyimli cerrahların yetiştirilmesine katkı koyabilir.

Cerrahi veriler: Tele cerrahi ile hasta ya da cerrahların taşınması yerine verilerin taşınmasına odaklanmaktadır.

Robotik hassasiyet: Robotik sistemlerin kullanımı, özellikle zorlu prosedürler için veya deneyimsiz cerrahlar tarafından yapıldığında manuel operasyonlara kıyasla cerrahi hassasiyet ve kaliteyi arttırabilir (Moorthy vd., 2004).

5G teknolojisi destekli tele cerrahi müdahalelerinin her geçen gün arttığına dair çeşitli çalışmalar mevcuttur. Pekin Jishuitan hastanesinde TiRobot sistemi ve China Telekom ve Huawei tarafından sağlanan 5G ağı ile tele robotik omurga cerrahisi işlemi yapılmıştır. Bu çalışmaya Çin'in farklı hastaneleri dahil edilmiştir. Çalışma için belirlenen 12 hastaya farklı omurga cerrahisi ameliyatları uygulanmıştır. Hastaların bulunduğu bağımlı taraftaki cerrahlar, robot mühendisleri, cerrahi robot sistemi, karbon fiber ameliyat masası, yüksek çözünürlüklü kameralar ve monitörlerden oluşturuldu. Bağımlı taraftaki cerrahlar robotun hareketlerini denetlediler ve gerekli müdahalelerde bulunmak için hazır bulundular. Ana kontrol ünitesinin olduğu Jishuitan hastanesinde uzman cerrah, ağ mühendisleri, çoklu monitörler, yüksek çözünürlüklü kameralar, robot iş istasyonu, ses ekipmanları gibi personel ve ekipman hazır bulunduruldu. Cerrahi alanda toplanan 3D görüntüler 5G ağ sistemi aracılığıyla uzaktan cerrahi merkezindeki ana kontrol odasına ulaştırıldı. Robot iş istasyonu üzerindeki özel yazılım ile operasyon planlaması gerçekleştirildi. Cerrahi robot yardımıyla yapılan 12 operasyonun hepsi 5G tele robotik cerrahi sistem kullanılarak gerçekleştirildi. Tüm işlemler belirlendiği sıra ve planlamaya göre uygulandığı iletilmiştir. China telekomünikasyon tarafından bildirilen 5G gecikme süresi 28 ms olarak belirtilen çalışmada, 5G kablosuz ağ sistem kaynaklı herhangi bir olumsuzluğun yaşanmadığı ifade edilmiştir. 5G ağına dayalı olarak yapılan tele robotik omurga cerrahisi doğru, güvenli ve güvenilir olduğu araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir. Araştırmacılar 5G ağ teknolojisi ve robotik sistemlerin klinik alanda uygulanması gelecekte önemli bir potansiyel ve değer yaratacağını belirtmişlerdir. 5G ağı ve ortopedik robot sisteminin iş birliği ile yapılan ilk operasyonlardan olan bu çalışma ile, özellikle kırsal alanlarda veya su altı, savaş

alanı ve uzay gibi zor koşullarda hasta tedavileri için büyük potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir (Tian vd., 2020: 114–120).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YÖNTEM

Çalışmanın yöntemi için sistematik literatür taraması yöntemi sistematik patent taraması şeklinde uyarlanmış ve 5G teknolojilerinin sağlık alanında kullanılabileceği alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmamız amaca yönelik olarak hazırlanan şu araştırma sorusuna yönelik olarak incelenmiştir.

“5G Teknolojilerinin sağlık alanında kullanılabileceği alanlar nelerdir ve gelecekte 5G teknolojileri sağlık alanında hangi fonksiyon alanlarında kullanım imkânı bulabilecektir?”

5G sağlık tesislerini inovatif yollarla birbirine bağlamak için çeşitli sektörlerde muazzam fırsatlar sunmaktadır. Mobil cihazların, uzaktan izleme cihazlarının artan kullanımı ve IoT’ın gelişimi, dijital teknolojiler aracılığıyla izlem, teşhis ve tedavi alan hastalarda çarpıcı ilerlemelere yol açması beklenmektedir (Padmashree & Nayak, 2020: 215). Çalışmada belirtilen sorunun cevaplanması, sağlığın izlem, teşhis ve tedavi alanlarında ne tür ilerlemelerin yaşanacağı ve hizmet sunumunda ne tür devrimsel dönüşümler yaratabileceğinin anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

3. 1. Sistematik Literatür Taraması

Sistematik tarama, klinik bir soruya cevap veya bir probleme nasıl çözüm sağlandığını belirlemek için ilgili alanda yayınlanmış olan bütün çalışmaların detaylı bir şekilde taranması, tarama sonrası araştırmaların kalite boyutunda değerlendirilerek hangi çalışmaların dahil edileceği ya da dışlanacağı belirlenmesi ve elde edilen verilerin sentezlenmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Sistematik incelemelere bazen “en iyi kanıt sentezleri” ya da “uygulamaya dayalı araştırma sentezleri” denildiği de bilinmektedir (Karaçam, 2013: 27). Sistematik taramalar ile bilgiye erişim, açıkça tanımlanmış ve sistematik bir yaklaşıma göre üstlenilen literatürün

kapsamlı, şeffaf ve tarafsız bir incelenmesi sonucunda ortaya çıkarılabilmektedir. Son dönemlerde sistematik taramaların giderek daha yaygın kullanılır bir hal aldığı bilinmekte ve anlatı incelemeleri ve uzman görüş ve yorumlarının yerini aldığı ifade edilmektedir (Rhoades, y.y., 354). Temelde bilgi gelişim süreci önceki çalışmalar üzerine inşa edilme süreci olarak değerlendirilir. Bilgi sınırını zorlamak için sınırın nerede olduğunu bilmemiz gerekir. Bilgi düzeyini anlamak için ilgili literatürü gözden geçirerek mevcut çalışmaların genişliğini ve derinliğini anlayarak keşfedilecek herhangi bir boşluğun varlığını tespit etmeye çalışıyoruz. Sistematik taramalar nitel ve nicel kanıtları inceleyebileceği gibi karma yöntem verisini de inceleyebilmektedir. Bu tarz taramalar daha fazla bilimsel bilgi içerdikleri için daha güçlü kanıtların oluşması açısından kritik önem taşımaktadırlar (Karaçam, 2013: 27).

Sistematik taramalarının tercih edilme nedenleri sayılacak olursa,

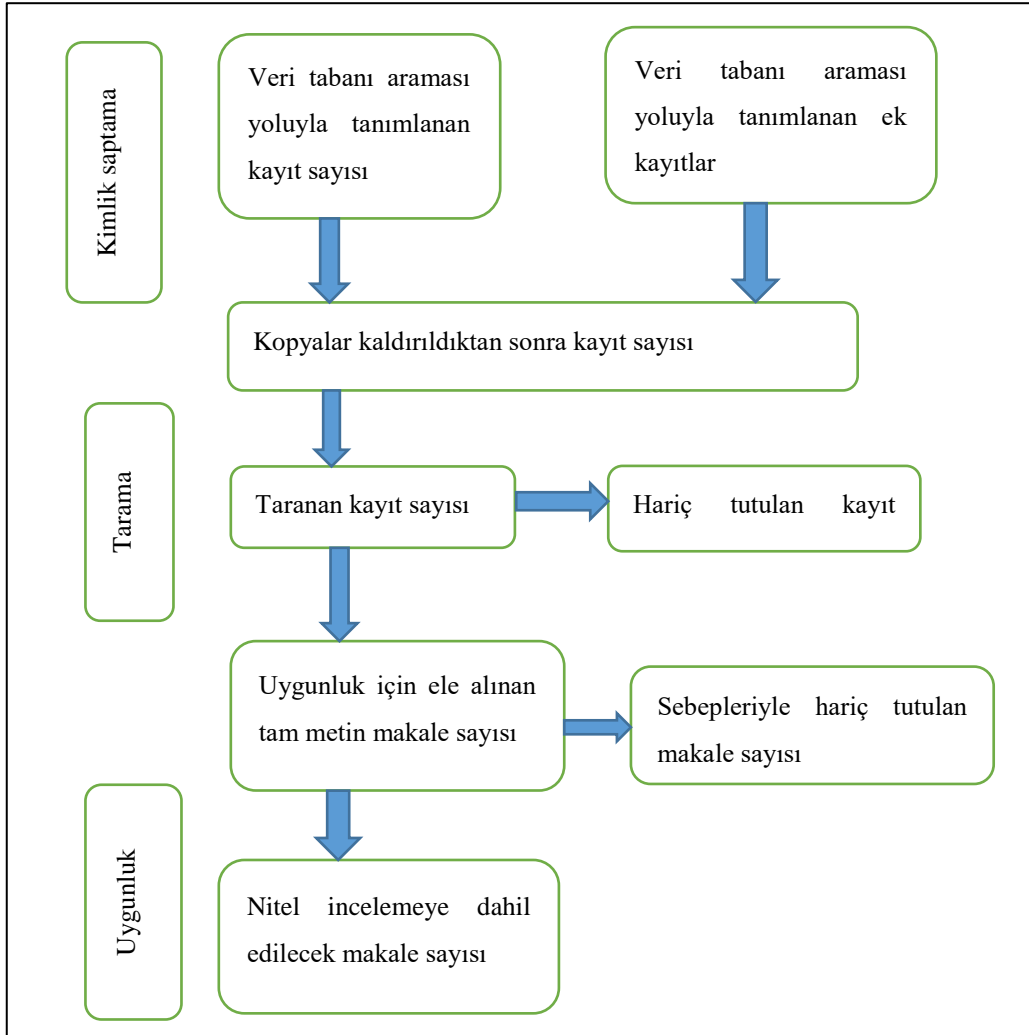
- Objektiftir, daha az yanlılık ve hata içerirler,
- Taramalar belli bir yöntem ile yapıldığından daha kapsamlı ve tekrarlanabilirler,

- Kullanılan metotlar taramada açıkça belirtilir,
- Kullanılan kriterler açıkça belirtilir,
- Dahil edilen çalışmaların kalite sorgulamaları yapılır,
- Veriler birleştirilirken küçük kanıt ve etkiler dikkate alınır,
- Sonuçlar tekrar edilerek doğrulanabilir,

Sistematik literatür taramalarının yönetilmesinde ilk kısım, açıkça tanımlanmış bir protokolün oluşturulmasıdır (Nightingale, 2009: 382). Bu protokol sıralaması şu şekilde belirlenmelidir:

- Çalışmanın amaç ve hedeflerinin belirlenmesi,
- Araştırma stratejisinin belirlenmesi,
- Dahil etme ve hariç tutma kriterlerinin belirlenmesi,
- Taramalar
- Kalite değerlendirme ve verilerin çıkarılması
- Veri analiz (Brereton vd., 2007: 572).

Belirlenen protokolde bir değişiklik yanlılığa neden olacağı için değişimler sadece zorunlu durumlarda yapılmalıdır. Sistematik literatür taramalarında seçim yanlılığı, incelemeye yönelik dahil etme ve hariç tutma kriterleri önceden açıkça belirlenmediğinde veya bu kriterlerin, bulguları saptırabilecek çalışmaların dahil edilmesini kısıtladıkları durumlarda ortaya çıkabilir (Nightingale, 2009, 381). Seçim yanlılığı riskini en aza indirmek için incelemeler esnasında hangi çalışmaların çalışmaya dahil olacağını belirlemek için en az iki hakem bağımsız olarak değerlendirmeli ve incelemenin sonuçlar bölümünde hariç tutma kriterleri açıkça belirtilmelidir. Şekil-1’de sistematik taramalar için dahil etme kriterlerinin belirlenmesinde kullanılabilcek akış diyagramı sunulmuştur ((Nightingale, 2009: 383).

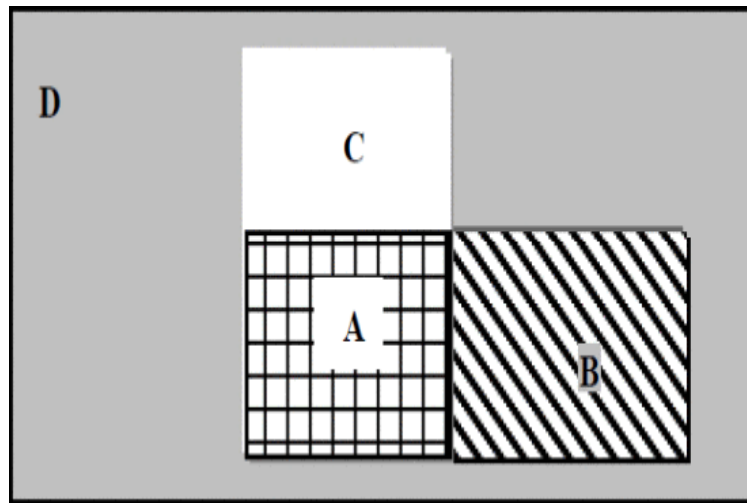


Şekil 3: Sistematik taramalarda dâhil etme kriterleri

Sistematik taramalarda arama stratejisi belirli bir soruya yönelik tüm çalışmaları kapsayacak şekilde tanımlanmalıdır. Yani arama stratejisi spesifik olmaktan ziyade hassas olmalıdır. Strateji ilgisi olmayan çalışmalardan ziyade ilgili çalışmaları bulmaya ve önemli çalışmaları kaçırmamaya yönelik olmalıdır. Çalışma tasarımlarını bulmada oldukça etkili arama filtreleri bulunmaktadır. Bu arama filtrelerini kullanarak ve daha önce yapılmış sistematik taramalardan faydalanarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

3. 1. 1. Arama Stratejisine Karar Verilmesi

Bir arama stratejisinin yapısı, bir incelemede incelenen ana kavramlara dayanmaktadır. Sistematik incelemeler için yapılan aramalar, mümkün olduğunca çok sayıda gerekli ve ilgili çalışmanın incelemeye dahil edilmesini sağlamak için kapsamlı olmayı amaçlar. Bununla birlikte, bir arama stratejisi geliştirirken kapsamlılık için çabalamak ve alaka düzeyini korumak arasında bir denge kurmak gereklidir. Bir aramanın kapsamlılığını (veya hassasiyetini) artırmak, kesinliğini azaltacak ve alakasız daha fazla çalışmanın incelenmesine neden olacaktır (Higgins & Green, 2008: 130). Bir aramanın optimal değerlerde olması aramanın kesinlik ve hassasiyetine bağlıdır. Hassasiyet, ilgili tüm içeriğin bulunmasını ifade ederken, kesinlik, arama stratejisinin alakasız içeriklerin hiç veya birkaçını tespit etme yeteneğidir. Şekil-2'deki diyagram duyarlılık ve kesinlik arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Dieste & Padua Griman, 2007: 216).



Şekil 4: Duyarlılık ve kesinlik arasındaki ilişki

Şekil-2’de bulunan D alanı arama evrenini, A alanı arama stratejisi tarafından alınan ilgili makaleleri, B alanı strateji tarafından ilgisiz olan makaleleri, C alanı ise çalışma ile ilgili olduğu halde strateji tarafından algılanamayan alanı temsil etmektedir. Duyarlılık ve kesinlik A, B ve C alanları arasındaki oran olarak formüle edilebilir. Hassasiyet= $A/(A+C)$, kesinlik= $A/(A+B)$ olarak formüle edilir. C (taramanın kaçırdığı makaleler) ne kadar küçükse duyarlılık o kadar yüksek, duyarlılık seviyesi ne kadar yüksekse alakalı makale sayısı o kadar düşüktür. Böyle bir sistematik inceleme birçok ilgili makaleyi kaçırmak çalışmanın güvenilir olmayan kanıtlar elde etmesine neden olabilir. B (taramadaki alakasız makale sayısı) ne kadar küçükse kesinlik o kadar yüksek olacaktır (Dieste & Padua Griman, 2007: 216).

3. 1. 2. Dâhil Etme ve Hariç Tutma Kriterlerinin Belirlenmesi

Arama stratejisi belirlendikten sonra çalışmalarda kullanılacak makale seçiminin hangi kriterlere göre yapılması gerektiğinin belirlemek için hariç etme ve dâhil tutma kriterleri belirlenir. Literatür taramaları yapıldıktan sonra şüphesiz yüzlerce hatta binlerce makale tespit edilebilir ve bu makalelerin derinlemesine okunup incelenmesi pratik değildir. Bu adımın önemi seçilecek makale kararının hangi kriterlere dayandığına dair yazarın açıkça karar vermesi gerektiğidir. Taramaları gözden geçiren kişinin ne tür çalışmaların dâhil edileceği ve ne tür çalışmaların hariç tutulacağı konusunda kritik kararlar vermesi gereklidir. Gözden geçiren kişi hangi çalışmaların dâhil edilmesi gerektiğinin belirlenmesi dışında, bu tür çalışmaların nasıl bulunabileceği konusunda düşünmelidir. Bu konudaki kritik nokta değerlendirmeye alınacak makaleleri dâhil etme kriterlerinin uygunluğu değil, daha ziyade bu kriterler hakkında açık olunmasıdır. Böylelikle ortaya çıkan literatürün netleşmesi ve çalışmanın tekrarlanabilir olması sağlanır (Okoli & Schabram, 2010: 22–23). Çalışma seçim kriterleri, araştırma sorusu hakkında doğrudan kanıt sağlayan çalışmaları tanımlamaktadır. Taramaların erken dönemlerinde makaleleri kalitelerine göre değil daha çok, ilgili makalelerin içeriğinin araştırma sorusuna uygulanabilir olup olmaması ve seçilen açıkça tanımlanmış kriterlere göre uygulanabilir. Çalışmalarda yanlışlık olasılığını

azaltabilmek için protokol tanımı sırasında seçim kriterlerinin belirlenmesi gerekir. (Keele, 2007: 19). Fink (2005) hangi çalışmaların kapsam dışı bırakılacağıının belirlenmesi için çeşitli kriterler sıralamaktadır (Okoli & Schabram, 2010: 22–23).

- Soru: Araştırma sorusuna cevap verebilecek makale içerikleri,
- Yayın dili: Hakemler, yalnızca okuyabildikleri veya bilimsel veri tabanlarına erişimlerinin olduğu dillerde yazılmış çalışmaları inceleyebilir.
- Dergiler: incelemenin kapsamı kendisini yüksek kaliteli bir dizi dergiyle sınırlayabilir veya yalnızca belirli bir çalışma alanındaki dergileri içerebilir,
- Başvuru tarihi: makaleler belirli tarih aralıklarıyla sınırlandırılabilir,
- Çerçeve: sadece sağlıkla ilgili çerçevede yürütülen çalışmalar dikkate alınabilir,
- Araştırma tasarımı veya örnekleme metodolojisi: çalışmalar, belirli bir araştırma tasarımının kullanılmamasına bağlı olarak hariç tutulabilir.
- Katılımcılar ve konular: araştırma konusu ile ilgili makaleler taramaya dahil edilir.

Dahil etme ve hariç tutma bölümü literatür taramalarının çok öznel alanlarıdır. Bu alanda mutlak doğru ya da mutlak yanlış yoktur, fakat neyin makul ve haklı olduğuna dair düşünceler vardır. Kriterler araştırma sorusunu tatmin edici şekilde cevap verecek yeterli sayıda çalışmaya ulaşacak kadar geniş olmalıdır. Diğer taraftan çalışmaları gözden geçirenlerin zaman, para ve personel kısıtlamaları dikkate alındığında gözden geçirmeler yönetilebilir olmalıdır. Güvenli ve kapsamlı bir literatür taraması ile yetersiz bir literatür taraması arasındaki en büyük farkı bu alanda verilen kararlar büyük ölçüde oluşturur (Okoli & Schabram, 2010: 23).

3. 1. 3. Taramalar

Anahtar kelimeler ile yapılan taramalar sonrası belirlenen makaleler tercihen en az iki araştırmacı tarafından protokolde belirlenen dâhil etme ve hariç tutma kriterleri göz önüne alınarak, çalışmaların başlık ve özet kısımları gözden geçirilerek alakasız makaleler reddedilir. Derleme sırasında ihtiyatlı davranılmalı ve

araştırmacılar herhangi bir makale için ortak kanaat oluşturulamıyorsa makale çalışmaya dâhil edilmelidir (Brereton vd., 2007: 578).

3. 1. 4. Kalite Değerlendirme ve Verilerin Çıkarılması

Tarama sonucu elde edilen makalelerin kalite değerlendirmeye tabi tutulması, veri analizi aşamasında belirli çalışmalara ağırlık verilmesi ve dâhil etme-hariç tutma sürecinin desteklenmesi açısından önem taşımaktadır (Kitchenham vd., 2009: 579). Çalışmalara dâhil edilecek makalelerin etkilerini değerlendirmek için yapılandırılmış bir kalite kontrol listesi kullanılarak dâhil edilecek makalelerin değerlendirilmesi yapılabilir. Kalite değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi için Birleşik Krallık'ta sağlık hizmeti sunan Ulusal Sağlık Servisi (NHS-National Health Service) bünyesinde bulunan Ulusal Elektronik Sağlık Kütüphanesi tarafından önerilenler ile oluşturulmuş kriterler nitel araştırmaların değerlendirilmesi için kullanılabilir (Dixon-Woods vd., 2006: 4).

- Araştırmanın amaç ve hedefleri açıkça belirtilmiş mi?
- Araştırma tasarımı açıkça belirlenmiş ve araştırmanın amaç ve hedeflerine uygun mu?
- Araştırmacılar, bulgularını yeniden ürettiğimiz sürece ilişkin net bir açıklama sağlıyor mu?
- Araştırmacılar yorumlarını ve sonuçlarını desteklemek için yeterli veri gösteriyor mu?
- Analiz yöntemi uygun mu ve yeterince açıklanmış mı?

Verilerin çıkarılması, çalışmaların etki büyüklüklerinin belirlenmesi için çalışmalardan veri çıkarmak, tüm araştırma sentez sürecinin açık ara en zor ve zaman alıcı aşaması olarak değerlendirilmektedir. İncelenen makalelerin sonuçlarının büyüklüğünü hesaplamak için gereken tüm verilerin ortaya çıkarılması için araştırmacılar her bir çalışmanın metin/şablon/şekillerini okuması ve yorumlamasını gerektiren manuel bir aktivitedir (Brereton vd., 2007: 327).

3. 2. Sistematik Patent Taraması

Patentler üzerinden yürütülen çalışmada yöntem için sistematik literatür taramasını, sistematik patent taraması şeklinde kurgulayarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Sistematik literatür taramasının, sistematik patent taraması olarak kurgulanabilmesi için sistematik literatür taramasında uygulanan protokoller çerçevesinde çalışmanın yürütülmesine karar verilmiştir. Sistematik taramada makaleler yerine patent dokümanları incelemeye alınmış ve çalışma akışı benzer olarak yürütülmüştür. Patent taramasının nasıl ele alınacağı aşağıda detaylı bir şekilde aktarılmıştır.

Patentler üzerinden yapılacak sistematik literatür taramasında stratejiyi belirlemeden önce patentler hakkında gerekli bilgilerin verilmesi gerekmektedir.

Patentler bilindiği üzere, devletler tarafından herhangi bir buluş ortaya çıkarmış olan buluş sahibine, sahibinin izni olmadan patent kapsamındaki ürün veya işlemleri yapma, satma, kullanma, satışa sunma veya ithal etme eylemlerinde bulunmayı engelleyen haklar tanıyan yasal bir belgelerdir. Verilen bu özel haklar buluşun araştırma ve geliştirme sürecinde ortaya çıkan maliyetlerin karşılanması için buluş sahibine 20 yıllık tekel sağladığı belirtilmiştir (Idris, 2003: 4–6). Teknolojik gelişmelerin yönünü belirlemede önemli etkenlerden olan patentler, bilimsel ve teknolojik faaliyetlerin sonucunda oluşan çıktılarını ifade ederken, bunun yanında araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin de bir çıktısı olarak değerlendirilir. Patentler teknolojik bilginin çoğuna sahip olmasından dolayı özellikle inovasyon ve teknoloji alanlarındaki araştırmalarda araştırmacılar tarafından kullanımı her geçen gün artmaktadır. Patent dokümanları, teknik bilgilerin toplandığı en önemli kaynaklardan oluşmaktadır. Bonino'ya (2010) göre patent kaynakları, teknolojik bilgilerin çoğuna sahip olmasının yanı sıra, sahip olunan bilgiler daha güncel ve diğer kaynaklar göz önüne alındığında daha fazla detay içerdikleri söylenmektedir. Björklund'da (1991) bu bilgileri onaylayarak patent bilgilerinin küçük nüanslar dışında teknolojik gelişmelerdeki tüm değişimleri içerdiği, ortaya çıkan teknik sorunların detaylı çözümlerinin karşılandığı ve bu dokümanların yayınlanmış tüm kaynaklardan daha önce yayınlandığı ifade edilmiştir. Patent dokümanları işletmeler açısından

teknolojik ve bilimsel alandaki faaliyetlerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi açısından kritik önem taşıyan işaretlerindedir (Kayakökü & Demirbaş, 2017: 149–150).

Patent veri tabanının seçilmesi, mevcut birçok açık kaynak veri tabanı ücretsiz olarak kullanılabilen arama araçlarına entegre edilerek kullanılabilir. Kullanım kolaylığı, elde edilen sonuçların güvenilirliği ve temel özelliklerindeki kullanım kolaylığına göre çeşitli veri tabanı araçları bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları,

- Espacenet
- Google Patent
- Patentscope
- The Lens

Espacenet, Avrupa Patent Ofisi (EPO- Europa Patent Office) tarafından 1998 yılında kullanılmaya başlanmış bir patent veri tabanıdır. İngilizce, Fransızca ve Almanca dillerinde tam metin arama yapılmasına imkân veren akıllı arama, gelişmiş arama ve sınıflandırma araması yapabilen veri tabanıdır. Uluslar ve uluslararası başvuruların erişilebildiği 95 milyondan fazla patent dokümanı sahip olan bir veri tabanıdır (Kayakökü & Demirbaş, 2017: 151–152).

Google Patent (Google Patents), ilk kullanılmaya başlandığında sadece Amerikan patentlerini aramaya izin veren bir veri tabanı olsa da son yıllarda veri tabanını genişleterek tüm dünyaya hizmet vermektedir. Dünya genelinde 17 patent (Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Güney Kore, Rusya, Birleşik Krallık, Fransa, Belçika, Finlandiya, Hollanda, Çin, Avrupa, Almanya, Kanada, İspanya, Danimarka, WIPO (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü), Lüksemburg) ofisinden yayınlanan 87 milyondan fazla patent dokümanı içermektedir.

Patentscope, WIPO tarafından geliştirilen ve 58 milyondan fazla patent dokümanına sahip bir patent veri tabanıdır.

Lens, Avustralya merkezli küresel, kâr amacı gütmeyen, açık bilim ve fikri mülkiyet odaklı hareket eden sosyal bir girişim olan Cambia ve Queensland Teknoloji Üniversitesi tarafından ortaklaşa girişilen açık bir patent ve akademik erişim veri tabanıdır. Lens veri kaynağı türleri arasında patentler, akademik veriler, biyolojik diziler ve bağlantılı belgeler bulunmaktadır. Lens ayrıca Web of Science ve

Elsevier'den daha fazla akademik veriye sahiptir. Akademik veriler ağırlıklı olarak Microsoft academic, Pubmed ve Crossref'ten gelmektedir. Lens, dünya genelinde açık erişim sağlayan ve çevrimiçi patent araması yapılmasına olanak tanıyan bir bilgi kaynağıdır. Lens neredeyse dünyadaki tüm patent belgelerine yasal ve ticari verilerle birlikte bilimsel ve teknik literatürle bütünleşmiş dijital kamu malları olarak hizmet vermektedir. Lens bilgi odaklı inovasyon dünyasının açık haritasını oluşturmak için belge koleksiyonlarının toplamaların ve analizlerin paylaşılmasına, açıklama eklenmesine ve yerleştirilmesine izin vermektedir. Sonuç olarak girişimcilere, vatandaşlara ve politika yapıcılara ilham vermek ve onları bilgilendirmek için bir öğretim kaynağı olarak patent sisteminin rolünü yeniden canlandırmaktadır. Veri tabanlarının özellikleri Tablo-1'de özetlenmiştir (Tolstaya vd., 2016: 1484).

Tablo 1: Veri tabanlarının özellikleri

Patent Veri Tabanları	Kim tarafından geliştirildi	Patent belge sayısı	Kullanıma başlangıç tarihleri	Diller	Patent arama şekilleri
Espacenet	Avrupa Patent Ofisi	95 milyon	1998	İngilizce +2	Akıllı arama (Smart search) Gelişmiş arama (Advanced search) Sınıflandırma araması (Classification search)
Google Patent	Google Inc.	>87 milyon	2006	İngilizce +15	Hızlı arama (Quick search) Gelişmiş arama
Patentscope	Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü	>58 milyon	1973	İngilizce +35	Basit arama (Simple search) Gelişmiş arama Alan kombinasyonu (Fieldcombination) Diller arası bilgi alma (Cross-lingual information retrieval) Kimyasal yapı arama (Chemical structure search)
The Lens	Cambia	>125 milyon	2000	İngilizce +4	Hızlı arama Gelişmiş arama Biyolojik arama (Biological search)

Tıbbi bilimsel patent belgelerinin saklandığı en büyük veri tabanlarından biri Lens veri tabanıdır. Çalışmamızda 5G teknolojisinin sağlık alanında kullanılması ile ortaya çıkan gelişim sürecinin kalitatif olarak incelenebilmesi için veri kaynağı olarak, 130.986.712 patent içeriği bulunan en az 95 yetki alanının bulunduğu, 193 üyeliğe dayalı ülkelerden oluşan ve 127 milyondan fazla küresel patent kaydının bulunduğu Lens veri tabanı veri kaynağı olarak seçilmiştir. Lens veri tabanının kapsamlı patent kaynağına sahip olması ve analiz yapabilme imkânı sağlaması diğer veri tabanlarından pozitif olarak ayrılarak uygulamada kullanılmak üzere seçilmesini sağlamıştır. Lens İngilizce, Fransızca, Rusça, Çince ve Arapça dilleriyle tarama yapılabilmektedir. Çalışmamızda tarama dili olarak İngilizce seçilmiştir.

Lens veri tabanında taramalar filtrelemeler kullanılarak yapılabilmektedir. Çalışmaya hangi patentlerin dahil edileceği ve hangi patentlerin hariç tutulması gerektiği, belirlenen kriterler özelinde lens veri tabanı filtrelemelerinden yararlanılarak uygulanmıştır. Filtrelemeler,

- Başvuru sahibi
- Kayıtlı olduğu bölgeler (jurisdictions)
- Mucitler
- Patent sahibi olan kurum
- Belge türü
- Biyolojik
- Sınıflandırma

3. 2. 1. Verilerin Elde Edilmesi ve Analizi

Krippendorff (2004) göre içerik analizi; “deneysel tabanlı, süreç içerisinde açıklayıcı olan, sonuç olarak da çıkarsama yapmayı ve tahmin edebilmeyi hedefleyen bir yöntem” olarak ifade edilmektedir. İçerik analizi hem nitel hem de nicel verilerle birlikte kullanılabilir. İçerik analizinin esas amacı kimin neyi, kime ve hangi etkiyle söylediğini inceleyerek belge içeriğinin özelliklerini kavramsal bir biçimde betimlemektir. Analizde uygulanan işlem, benzer verileri çeşitli kavramlar ve temalar özelinde birbirine yakınlaştırarak çalışmayı okuyanların anlayabileceği

şekilde düzenlemek ve yorumlamaktır. İçerik analizi elde edilen verilerin belirli özellikler ve kurallara göre içerik kategorilerine göre sınıflandırılması sürecidir. İçerik analizi ile çalışan araştırmacılar elde ettikleri verileri elimine ederek verilerin sadeleştirilmesini sağlar (Kaya & Usluer, 2011: 50). İçerik analizi, elde edilen verilerden doğrudan görülemeyen temaların, ancak kavramsal kodlamalar ve sınıflandırmalar yardımıyla görülebileceği ve temalar arasındaki anlamlı ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kolaylıklar sağladığı için araştırmacılar tarafında tercih edilmektedir. Bu nedenle çalışmada elde edilen patent doküman verisinin incelenmesi için içerik analizi tekniği kullanılmasının doğru olacağına karar verilmiştir.

Patentler üzerinden yaptığımız sistematik incelemede strateji belirlerken kavramsal bir yaklaşım benimsenmiştir. Çalışma kapsamına alınacak patentlerin listelenmesinde ilk olarak anahtar kelimeler oluşturulmuştur. Anahtar kelime tespitleri 5G'nin sağlık alanındaki uygulama alanı bölümü için yararlanılan 42 makalenin anahtar kelimelerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Çalışmayla ilgili mümkün oldukça fazla patentin tespit edilebilmesi için belirlenen temel kelimelerinin eş anlamlıları da taramaya dahil edilmiştir. Taramanın geniş bir kapsamda değerlendirilmesi için anahtar kelimeleri ve eş anlamlıları "OR" bağlacını kullanarak taramalar gerçekleştirilmiştir. Genişleyen kapsamı çalışmayla ilgili olmayan patentlerin elimine edilmesi için "AND" bağlacı kullanımı ile taramanın keskinliğini arttırarak optimal bir tarama gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada 5G ile eş anlamlı kelimelerin "OR" bağlacı ile bağlanarak elde edilen verilerle 5G'nin sağlık ile ilişkili anahtar kelime kümesinin "AND" bağlacı ile bağlanması ile araştırmada kullanılacak küme oluşturulmuştur.

Hariç tutma ve dahil etme kriterlerinin belirlenmesi, anahtar kelimelerin belirlenmesinin ardından potansiyel patentler manuel bir içerik tarama sürecine tabi tutulmuştur. Dahil etme ve hariç tutma kriterleri yöntem bölümünde Fink (2005) tarafından belirlenen kriterlerin patentler için uyarlanması ile elde edilmiştir.

- Soru kriteri, araştırma sorusuna cevap verebilecek patentler çalışmaya dâhil edilmiştir, soru ile alakası olmayan dokümanlar hariç tutulmuştur,

- Konu kriteri, 5G'nin sağlık alanı ile ilgili patentler dâhil edilirken sağlık alanı dışı patentler hariç tutulmuştur. Sağlıkla ilgisi olmasına rağmen biyolojik patentlerde konu bağlamı olmadığından hariç tutulmuştur.

- Yayın dili kriteri, dil tercihinde İngilizce tercih edilmiştir. İngilizce dili dışı patentler hariç tutulmuştur,

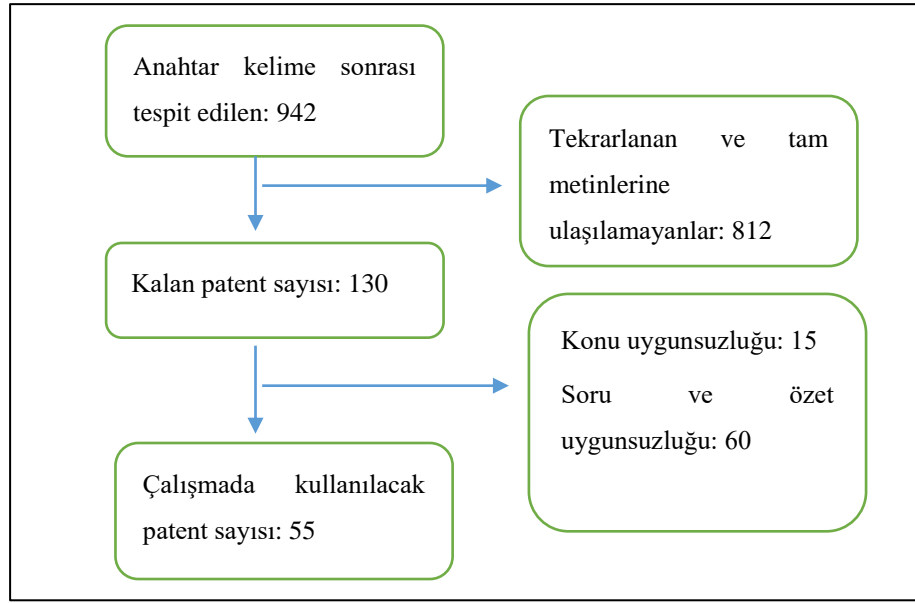
- Patent başvuru tarih kriteri, tarih kriterinde herhangi bir sınırlamaya gidilmemiştir,

- Yetkili ülkeler, bölgeler bazında değerlendirme yapabilmek için ülke yetki alanı (jurisdiction) kriteri taramalara dâhil edilmiştir,

- Tam metin dokümana sahip olmayan patentler çalışma dışı bırakılmıştır.

Lens veri tabanında İngilizce dil tercihi ile belge sınırlaması olmadan taramalar yapılmıştır. Taramalarda kullanılan anahtar kelimeler, "5G, fifth generation communication technology, 5th generation wireless communication, telemedicine, remote health, tele monitoring, remote treatment, remote diagnosis, telesurgery" olarak belirlenmiştir. Tarama kapsamının genişletilmesi amacıyla eş anlamlı anahtar kelimeler ve benzer anlamlı kelimeler "OR" bağlaç kullanımı ile tarama genişletilmiştir. Kapsamı genişleyen taramanın hassasiyetinin artırılması ve optimum sonuçların elde edilmesi ile "AND" bağlacı kullanılarak taramalar gerçekleştirilmiştir. Anahtar kelimeler ile yapılan tarama sonrası 942 adet (şekil-2'de D alanı) tarama evreni tespit edilmiştir. Bu tarama evreninde hariç tutma ve dâhil etme kriterleri ile yapılan tarama sonucunda 132 adet (şekil-2'de A ve B alanları) patent tespit edilmiştir. Patent dokümanlarının başlık ve özet alanlarında yapılan inceleme sonrası 60 patent dokümanının (Şekil-2'de B alanı) konu ve içerik kriterleri açısından çalışma için uygun olmadığı anlaşılmış ve çalışma dışı bırakılmıştır. Özet ve başlık incelemeleri sonrasında çalışmayla ilgili olduğu düşünülen ve kapsama alınan patent dokümanları tam metin formatında indirilmiştir. Patent dokümanlarının özet alanları üzerinde yapılan incelemelerde patentlerin çalışmayla ilgili olduğu görülmesine rağmen tam metin incelemesinde patentlerin çalışmanın konu kriteri açısından eksikliklerin olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Patent incelemeleri tam metinlerin indirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Tam metin üzerinde yapılan inceleme sonrası 15 patentin (şekil-2'de B alanı) konu kriteri açısından ve iki çalışmanın da iki

kez tekrarlandığı tespit edilerek çalışma dışı bırakılmıştır. Tüm patent taramaları manuel olarak gerçekleştirildiği için şekil-2’de gösterilen C alanına herhangi bir değer atfedilmemiştir. Sonuç olarak anahtar kelimelerle yapılan taramalar sonrası 55 patent dokümanının (Şekil-2’de A alanı) tespit edilmiş ve belirlenen dokümanlar üzerinden sınıflandırma işlemlerine başlanmıştır. Şekil-3’te çalışmada kullanılan patentlerin elde edilme süreci şematik olarak verilmiştir.



Şekil 5: Çalışmaya dâhil edilen patentlerin elde edilme süreci

Patent verilerinin kalite değerlendirme süreci için yöntem bölümünde belirlenen kalite değerlendirme soruları çalışmamıza uyarlanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amaç ve hedefi belirlenmiş, bu amaç ve hedefe ulaşılabilmesi için taramaların nasıl yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmaya dâhil etme ve hariç tutma kriterleri tanımlanarak taramalar bu kriterler dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada konuyu ele alan tüm patentlerin tespiti için Lens veri tabanı detaylı şekilde taranmıştır. Lens veri tabanında yapılan taramalarda birçok patentın içerikleri aynı olmasına rağmen birçok kez tekrarlandığı tespit edilmiştir. Bu tür tekrarlanan patent dokümanları tek patent olarak çalışmaya dâhil edilmiştir. Tam metin dokümanlarına ulaşılamayan patentler çalışmaya dâhil edilmemiştir. Patent taramaları sonrası elde edilen dokümanlar düzgün bir şekilde seçildikten sonra

veriler Lens veri tabanının sağladığı analiz grafikleri ile patent sayıları, patentlerin ait olduğu ülkeler, patentlerin aldığı patent atıfları, patentlerin ait olduğu yıllar, patentlerin ait olduğu kurumlar, atıfların yıllara göre dağılımı grafikleri kullanılarak çıkarılmıştır.

Lens veri tabanında elde edilen patentlerin keşfedilme amaçları ve işlevleri dikkate alınarak sağlığın izlem, teşhis ve tedavi alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Patentlerin detaylı tam metin incelemeleri sonrası hangi kategoriye ait oldukları tespit edilmiştir. İnceleme esnasında bazı patentlerin birden fazla alan ile ilgili olduğu saptanmış ve tablo ve şekillere aktarılmıştır. Patentler üç temel kategoriye göre sınıflandırıldıktan sonra görselleştirme için patent yılları, patentlerin diğer patentler tarafından aldıkları atıf sayıları, patentlerin kayıtlı olduğu bölgeleri, alınan atıfların yıllara göre dağılımı, en çok patentin alındığı kategori, en çok atıf alan kategori alanlarında görselleştirmeler yapılmıştır. Yapılan bu sınıflandırmanın önemi, 5G teknolojileri kaynaklı sağlıktaki değişimin patentler üzerinden trendlerinin belirlenmesi, sağlığın hangi alanında daha fazla bilimsel ve teknolojik gelişim olduğunu anlamamız açısından önemlidir.

Tablo 2: Patentlerin kategorizasyonu

Sıra No	Patent İsmi	Patent Alanı	Patent Sahibi
1.	Telemedicine System And Method For Diabetology	Teşhis Tedavi İzlem	Cannone Francesco, Pazienza Pasquale Pio, Carella Aurelio
2.	Mobile Telemedicine Unit	Teşhis Tedavi	Ferlito Frank J
3.	Health Device With Remote Health Services	İzlem Tedavi	Engberg David, Baumann Cliff, Buswell Randy
4.	System, Apparatus And Method For The Wireless Monitoring Of Medical Test Data	İzlem	Atkin Benjamin
5.	Individualized Health Platforms	İzlem	Burger Charles, Holmes Don, Jardin Gordon, Kitts Andrea Borondy, Reigeluth
6.	Continuous Health Care Plan Coordination Between Patient And Patient Care Team	İzlem	Boland Gregory F, Brimijoin Kristina M, Kumar Atul
7.	Health Monitoring With Ear-Wearable	İzlem	Solum Jeffrey Paul,

	Devices And Accessory Devices		Haubrich Gregory John
8.	Systems, Methods, And Devices For Remote Health Monitoring And Management	İzlem	Ramesh Maneesha Vinodini, Pathinarupothi Rahul Krishnan, Rangan Ekanath Srihari
9.	Wearable Electrocardiography (Ecg) Monitoring Technology With Sealed Tank For Medication And Integrated Medical Monitoring System	İzlem	Castagna Ilene Maria Guimarães De Siqueira, Castagna Marco Túlio Vilaça
10.	System, Method, And Architecture For Facilitating Remote Patient Care	Tedavi	Ibarrola Germinal, Debates Scott
11.	Devices And Methods For Remotely Managing Chronic Medical Conditions	İzlem	Rajasekhar Vijaykumar, Castillo Marlon Sebastian, Ragavender Ritesh Narayan, Buncom Iv Frank James
12.	Enhanced Physiological Monitoring Devices And Computer-Implemented Systems And Methods Of Remote Physiological Monitoring Of Subjects	İzlem	Stump Kurt
13.	Digital Health Monitoring System	İzlem	Mohamad Razali Bin, Bollam Luke David, Turewicz Marcus Charles
14.	Wearable Personal Healthcare Sensor Apparatus	Tedavi	Alvin Ostrow M
15.	Systems, Devices, And Methods For Cardiac Diagnosis And/Or Monitoring	İzlem	Weinstein Uriel, Ravid Rafi, Meshulam David
16.	Method For Using Location Tracking Dementia Patients	İzlem	Tan Sean, Woo Hsien-Chung, Fee John, Balabine Helen
17.	Wearable Medication Adherence Monitoring Device	İzlem	Price Dawn
18.	Wearable Digital Device For Personal Health Use For Saliva, Urine, And Blood Testing And Mobile Wrist Watch Powered By User Body	İzlem	Xing Zhou Tian, Zhou Andrew H B, Zhou Tiger T G
19.	Digital Biomarker	İzlem	Gossens Christian, Lindemann Michael, Lipsmeier Florian
20.	System, Sensor And Method For Monitoring Health Related Aspects Of A Patient	İzlem	Sivertsen Reinert, Bjørn Henriette Hårseide
21.	Systems, Devices And Methods For	İzlem	Weinstein Uriel,

	Radio Frequency-Based Physiological Monitoring Of Patients		Ravid Rafi
22.	Clinician Station For Providing Medical Services Remotely	Tedavi	Solie Leonard
23.	Systems And Methods For Providing Posture Feedback And Health Data Based On Motion Data, Position Data, And Biometric Data Of A Subject	İzlem	Jarvis Leighanne, Caves Kevin
24	Goal Based Therapy Optimization For Patient	Teşhis	Deshpande Suchitra, Owens Jessica Hammond, Vechery Afton Kerry
25.	Computational Medical Treatment Plan Method And System With Mass Medical Analysis	Tedavi	Oleynik Mark
26.	Digital Health Ecosystem	Tedavi	Van Den Boom Dirk, Ehrich Mathias
27.	Medical Systems, Devices And Methods	İzlem Tedavi	Veltz François Paul
28.	Machine-Learning System For Diagnosing Disorders And Diseases And Determining Drug Responsiveness	Teşhis	Pernia Cameron, Tolcher Heather
29.	Methods And Systems For Assessing Clinical Outcomes	Teşhis Tedavi	Holmes Elizabeth A, Kemp Timothy Michael, Michelson Seth, Gibbons Ian
30.	Reconfigurable Point-Of-Event Push Diagnostic System And Method	İzlem Teşhis	Nathan Anooradah
31	Blood Glucose Control System	Tedavi	Damiano Edward R, El-Khatib Firas, Rosinko Michael J
32	Methods And Systems For Musculoskeletal Rehabilitation	İzlem	Young Alexander, Hellberg Nils
33.	Devices, Systems And Methods For User Monitoring Using Electronic Skin	İzlem	He Zhuobiao, Li Dun Alex, Xing Yao
34.	Systems And Methods For Providing And Managing A Personalized Cardiac Rehabilitation Plan	Tedavi	Volosin Kent, Whiting Jason T, Carlson Rachel H
35.	System, Method, And Smartwatch For Fall Detection, Prediction, And Risk Assessment	İzlem	Panneer Selvam Anjan, Ianace Peter
36	Wearable Earpiece Oxygen Monitor	İzlem	Fernando Shavini
37.	Medical Device For Estimating Risk Of Patient Deterioration	İzlem	Freeman Gary A, Kaufman Christopher L
38.	Electronic Devices And Methods For Treatment Of Depressive Symptoms,	Tedavi	Brown Michael, Kersanske Brent

	Depressive Disorders Utilizing Digital Therapies		Paul, Kenneth R, Weingardt
39.	Medicament Delivery Devices With Wireless Connectivity And Event Validation Detection	Tedavi	Edwards Eric S, Edwards Evan T, Meyers Paul F
40.	Electronic Telemetry-Based Device Monitoring	İzlem	Tischer William, Townes Troy
41	Method And System For Optimizing Healthcare Delivery	İzlem	Huynh Tran Tu
42	Methods And Systems For Disease Monitoring And Assessment	İzlem	Li Xiang
43	Methods Of Monitoring For Hemodynamically Significant Heart Rhythm Disturbances And Devices For Practicing Same	İzlem	Tseng Zian H, Marcus Gregory M
44.	Estimating Body Composition On A Mobile Device	İzlem	Rahman Mahbubur, Kuang Jilong, Liaqat Daniyal
45	System And Method For Predictive Maintenance Of Medical Diagnostic Machine Components	Teşhis	Mogatadakala Venkata Kishore
46	Home Health Care System And Method	İzlem	Barry Scott, Chocron Elliot
47	Blockchain Systems And Methods For Remote Monitoring	İzlem	Jibaja Hank, Neil Jack
48	Enhanced Biometric Control Systems For Detection Of Emergency Events System And Method	İzlem	Boesen Peter Vincent, Kingscott Lisa, Pereira Rafael
49.	Remote Biometric Monitoring And Communication System	İzlem	Govari Assaf, Fuchs Amit, Altmann Andres Claudio
50.	Wearable Electronic Device And System For Tracking Location And Identifying Changes In Salient Indicators Of Patient Health	İzlem	Sobol Adam G, Kreidler Joseph T, Donlin Brian A
51.	Method For Providing Health Therapeutic Interventions To A User	Tedavi	Moturu Sai, Madan Anmol, Elliot Greg
52	Improvements In Personalized Healthcare For Patients With Movement Disorders	İzlem	Lipsmeier Florian, Lindemann Michael, Taylor Kirsten
53.	Apparatus And Method Of Identifying And Monitoring A Surgical Risk Factor And Providing A Treatment Regimen For A Patient	İzlem	Edwards Jerome R, Kurian Thomas
54.	Automated Augmented Reality Rendering Platform For Providing Remote Expert Assistance	Tedavi	Shirazipour Meral, Forgeat Julien, Hari Haran Alvin Jude, Karlsson Per

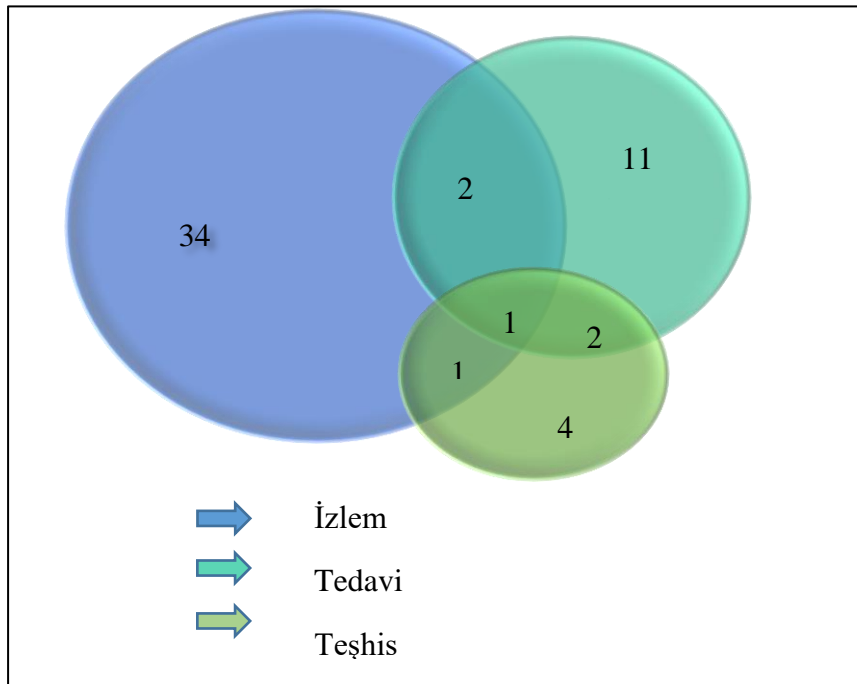
55.	Dr Robot Medical Artificial Intelligence Robotic Arrangement	Teşhis	Alshdaifat Wasfi
-----	--	--------	------------------

Tablo-2’de patent taramaları sonrası elde edilen 55 patentin, patent isimleri, ait olduğu sağlık kategorisi ve patent sahipleri sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en fazla patentin sağlığın izlem alanında olduğu görülmektedir. İzlem alanını tedavi alanı takip etmektedir. Patentlerin detaylı tam metin incelemeleri sonucunda çoğunluk patentlerin, sağlık hizmetinin sağlık tesisi dışında, ev konforunda ve hastaların günlük yaşantısı etkilemeden sürekli takip altında tutmaya yönelik çalışmalarındır. Özellikle uzak izlem ile ilgili patentlerin çoğunluğu diyabet ve kalp hastalıkları gibi kronik hastalıkların uzaktan izlenmesine yönelik olanlardır.

3. 2. 2. Verilerin Grafiklere Aktarılması ve Analizi

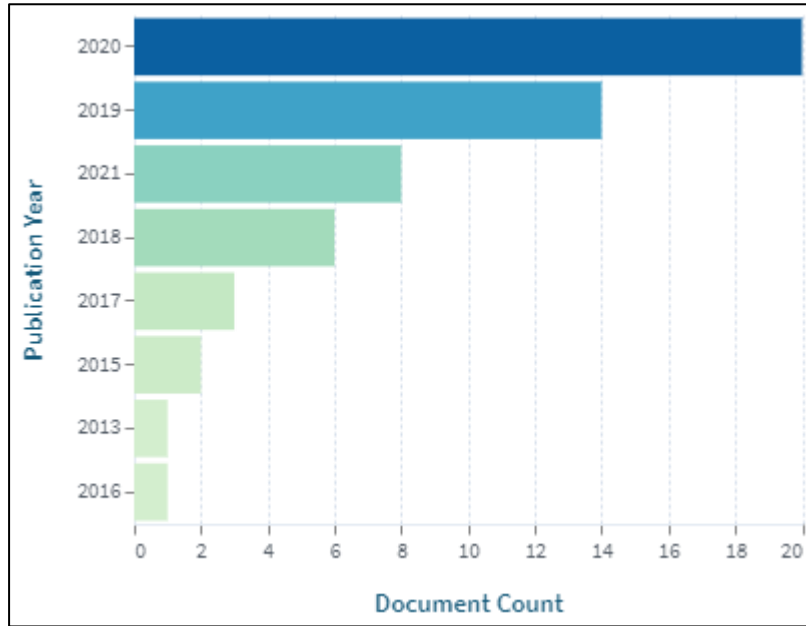
Bu çalışmada 5G teknolojinin sağlık alanındaki uygulama alanlarında ne tür değişimler yarattığına dair sistematik patent analizi yöntemi kullanılmış ve bilimsel patent dokümanları üzerinde niteliksel bir değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen veriler aşağıda tablo ve şekiller yardımıyla aktarılmıştır. Yukarıda Tablo.2’de patent dokümanlarının incelenmesi sonucu elde edilen kategorizasyon sonuçları niceliksel olarak ne ifade ettiği şekil-4’e aktarılmıştır.

Şekil 6: Sınıflandırmanın şematik görünümü



Şekil-4'te görüldüğü gibi 5G teknolojisinin sağlık alanındaki uygulama alanları özelinde yapılan çalışmada; 34 patent sadece izlem alanında, 2 patent izlem ve tedavi alanında, 1 patent izlem-tedavi-teşhis alanında, 1 patent izlem ve teşhis alanında, 2 patent teşhis-tedavi alanında, 11 patent sadece tedavi alanında ve 4 patent sadece teşhis alanında patent dokümanına ulaşılmıştır. İncelenen patentler sonucunda en fazla patent dokümanının hastaların uzaktan izlem alanında olduğu görülmüştür. En az patent çalışmasının sağlığın teşhis (tanı koyma) alanında olduğu görülmüştür. Patent dokümanları incelendiğinde patentlerin çoğunluğu hastaların yaşam şartlarını kolaylaştırmak için ne tür yöntemler izlenebileceği konusundadır. Uzaktan izlem alanında alınan patentler özellikle yaşlanan nüfus, artan yaşam süreleri ve diyabet gibi kronik hastalıklar alanında bilimsel patent çalışmalarının olduğu görülmüştür. İncelenen patent dokümanlarında özellikle diyabet ve kalp ritim sorunları gibi kronik hastalıkların izlem, teşhis ve tedavisine ait patent sayısının baskın olduğu görülmüştür.

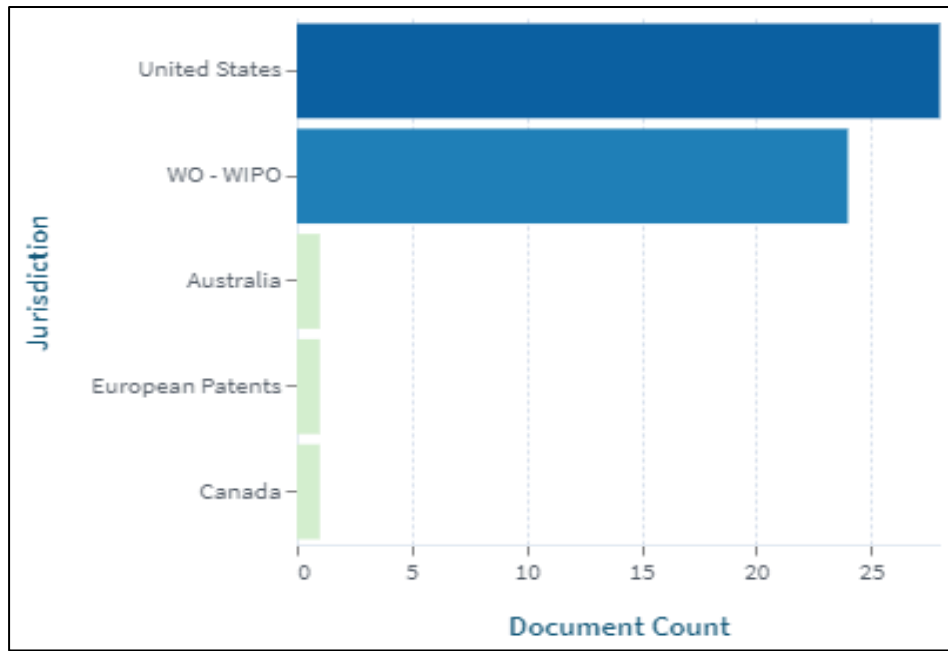
Şekil 7: Yıllara Göre Patent Sayıları



Şekil-5'te yıllara göre çoktan aza doğru patent sayıları verilmiştir. Şekil incelendiğinde 20 patent ile en fazla patentin 2020 yılında olduğu görülmektedir. 2020 yılını 14 patentle 2019 yılı takip etmektedir. 2021 yılında 8 patent dokümanı, 2018 yılında 6 patent dokümanı, 2017 yılında 3 patent dokümanı, 2015 yılında 2 patent, 2016 yılında 1 patent ve 2013 yılında 1 patent tespit edilmiştir. Şekil

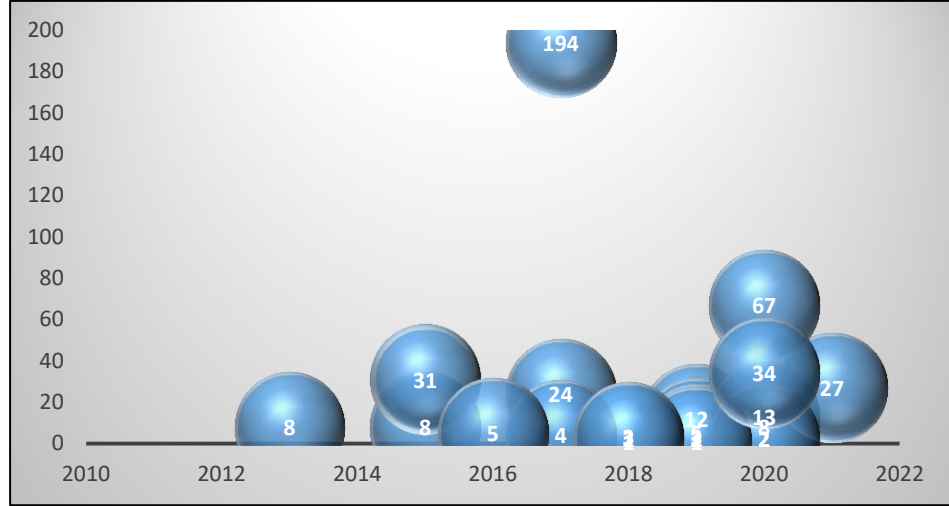
incelendiğinde son yıllarda yıllara göre düzenli bir patent artışının olduğu gözlenmektedir. Bu çalışmadaki taramaların Mayıs 2021 yılında yapıldığı düşünüldüğünde 2021 yılı patent sayılarının 2020'den az gözükmesi normal karşılanmaktadır. Şekil incelendiğinde 2017 yılından sonra patent artışı hızlanmaktadır. En büyük artış 2018 ile 2019 yılında gerçekleşmiştir. Özellikle son yıllarda 5G teknolojisinin sağlık alanındaki tartışmaları doğrulayacak şekilde patent sayılarında düzenli bir artışın olduğu görülmektedir.

Şekil 8: Patentlerin yetki alanları açısından gösterimi



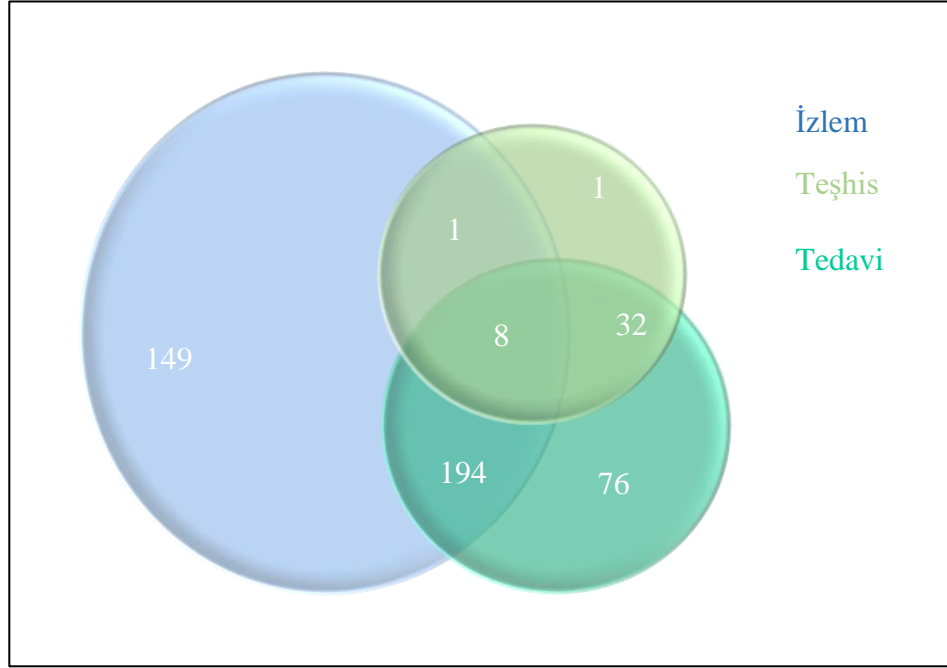
Şekil 6'da patentlerin kayıtlı olduğu ülkeler gösterilmektedir. En fazla patentin kayıtlı olduğu ülke 28 patent ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olarak görülmektedir. Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization-WIPO) 24 patent ile ABD'den sonra en fazla patente sahip gözükmektedir. Avustralya, Avrupa ve Kanada birer patent ile eşit sayıda patente sahiptir. Patentleri yıllara göre aldıkları atıf sayıları görselleştirilmiştir.

Şekil 9: Patentlerin yıllara göre aldığı atıf sayıları



İlk yapılan atıfları 2013 yılında Holmes Elizabeth A, Kemp Timothy Michael, Michelson Seth, Gibbons Ian isimli araştırmacılar tarafından keşfedilen Methods And Systems For Assessing Clinical Outcomes isimli patent almıştır. En yüksek atıfın 194 olduğu görülmektedir. Yüksek atıf alan bu patent Veltz François Paul isimli araştırmacılar tarafından alınan Medical Systems, Devices And Methods isimli patenttir. Patent ile bir ya da daha fazla sensör ve aktuatörle içeren bir tıbbi sistem açıklanmaktadır. Sistem diyabet hastalığının izlem ve tedavisinde kullanılmak üzere çeşitli izlem cihazları ve izleme dayalı tedavide kullanmak için çeşitli cihazlardan oluşuna ve iletişim altyapısında 5G teknolojisinin kullanılabilceği bir sistemle ilişkilidir. Atıf alan patent sayıları dikkate alınarak yapılacak bir incelemede atıf alan patentlerin 2019 yılından başlayarak 2020 yılında bariz şekilde artış olduğu görülmektedir. Atıfların teşhis, tedavi ve izleme göre dağılımı aşağıda Şekil 8’de sunulmuştur.

Şekil 10: Atıfların sağlık alanlarındaki dağılımı



Şekil 11’de patentlerin izlem, teşhis ve tedavi alanlarında aldıkları atıf sayıları görselleştirildiğinde, bariz bir şekilde izlem alanındaki patentlere yapılan atıfların daha fazla olduğu görülmektedir. Tek başına izlem patentleri 149 patentten atıf alırken izlem ve tedavi ile ilişkili patentler 194, izlem-teşhis-tedavi ile ilişkili patent 8 atıf ve izlem-teşhis ile ilişkili patent bir atıf almıştır. Sadece tedavi ile ilgili patentler 76 atıf alırken tedavi-teşhis alanının her ikisiyle ilişkili patentler 32 atıf almıştır. Sadece teşhis alanında yapılan patentler bir atıf, teşhis-izlem alanları ile ilgili patentler bir atıf almıştır. Sağlıkta tek bir alanda patent çalışmalarında en fazla atıf izlem alanında alındığı görülmektedir. Bu alanı tedavi ve teşhis alanları takip etmektedir.

3. 3. Gelecek Trendlerin Sağlık Fonksiyonları Özelinde Değerlendirilmesi

Sağlığın dijitalleşmesi, hasta ve bakım sağlayan sağlık profesyonelleri arasındaki güç dengesini değiştirerek yeni bakım modellerini mümkün kılıyor ve düşük ve orta gelirli ülkelerde sağlık sistemlerinin odağını müşteri merkezli sağlık hizmetlerine doğru kaydırmaktadır. Her sektörde olduğu dijitalleşme dalgası sağlık sektöründe de makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yapay zekâ yaklaşımları, 5G,

giyilebilir teknolojiler gibi yeniliklerle devasa bir sağlık ekosisteminin oluşmasına neden olmaktadır. Bu gelişmeler sağlık hizmet sağlayıcılarının ve politika yapıcılarının karşılaştığı en acil zorluklardan bazılarını oluşturan, bŸyŸyen ve yaşlanan bir nŸfusa evrensel, adil, sŸrdŸrŸlebilir sorunlar ile mŸcadele etmek için potansiyel ŸzŸmler olarak sunulmaktadır. Hastalıkların taranmasını, teşhisini ve izlenmesini temelden değiştirebilir, hastalık ilerlemesinin daha doğru bir Şekilde profillenmesini sağlayabilir ve tedavileri daha da hassaslaştırabilir ve/veya kişiselleştirebilir.

Uzaktan teşhis ve tedavi için teletıp kullanımının artmasını, mŸřteri merkezli yeni hizmet sunumu, protokole dayalı sağlık hizmetinin ulaşım ve dağıtım organizasyonundaki değişiklikler yoluyla hizmetlere ulaşımda daha iyi erişim gŸrmemize neden olabilir. Dijital teknolojiler ile ortaya çıkan akıllı sağlık hizmetleri, geleneksel uzman ve hastane odaklı tarzdan dağıtılmış hasta odaklı bir tarza hızlı bir dŸnŸřŸm geçiriyor. Çeşitli teknolojik gelişmeler, sağlık sektŸründeki bu hızlı devrimi teşvik etmektedir. şu anda sağlık hizmetlerinde akıllı sağlık hizmetleri ve uygulamaları için 4G ve diğer iletişim standartları kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, gelecekteki akıllı sağlık hizmetlerinin evrimi açısından önemlidir. Sağlık uzmanları artık tıbbı teşhis ve tedavi sŸrelerini kolaylaştırmak için IoT tabanlı giyilebilir cihazlardan faydalanmaktadır. Son yıllarda ciddi artışına tanık olduğumuz giyilebilir cihazlar ile ciddi miktarda sağlık verisinin orta çıktığını gŸrmekteyiz. Giyilebilir cihazların geleceği, altta yatan bir sağlık durumunun teşhisine yardımcı olmak ve Ÿnleyebilmek için kişisel fizyolojinin sŸrekli ŸlŸmŸne doğru gidiyor gibi gŸrŸnŸyor. Bu tŸr teknolojik gelişmelerin ortaya çıkışı ile gŸnŸmŸz teşhis ve tedavi modelleri değişmekte hastalık ve tesis odaklı izlem, teşhis ve tedavi yaklaşımları yerini hasta odaklı yaklaşımlara bırakmaktadır.

SONUÇ

Son yıllarda sağlık teknolojileri odaklı çalışmalar artmaktadır. Birçok yeni teknoloji hizmetin uzak mesafelerden sağlanabilmesi için çalışmaktadır. Bunlara örnek e-sağlık, teletıp, mobil sağlık gibi birçok örnek verilebilir. Tüm bu uygulamaların amacı hastaların sağlık tesislerini ziyaretlerini azaltarak sistem üzerindeki yükün azaltılmasını sağlamaktır. Uygulamaların diğer önemli katkısı bireyleri hastalık sürecine dâhil ederek (özellikle kronik hastalıklı bireyler) kendi sağlık durumları hakkında bilgi sahibi olmalarını sağlamak ve gerektiğinde sağlık kurumları ile iletişime geçmelerini sağlamaktır. Sağlık alanında trend hızla uzak mesafelerden hizmet almayı mümkün kılan teknolojilere doğru kaymaktadır. Bu durumun nedeni maliyetler, kırsal kesime ulaşım, yaşlanan nüfus, artan iş yükü, çalışanların çalışma isteksizlikleri gibi birçok durum sayılabilir. Özellikle yaşlanan nüfus ile kronik hastalıklardaki artış insanların bakım ve kontrol için daha fazla sağlık hizmeti talep etmesine neden olmaktadır. Bu durum sistemde aşırı zorlanmalara ve maliyet artışlarına neden olmaktadır. Bu tür sorunların üstesinden gelmek için son yıllarda sağlığın dijitalleşmesi hızlanmaktadır. Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de e-nabız gibi uygulamalar ile vatandaşların sağlık tesisi ziyaretlerini azaltarak tesislerdeki kalabalıklar azaltılırken sağlık uzmanları üzerindeki iş yükünün azaltılması amaçlanmaktadır. Uygulamaların sorunsuz çalışmasını sağlayan 5G’nin sunduğu teknolojik yenilikler ile hastaların uzak mesafelerden izlem, teşhis ve tedavi işlemleri sağlanabilecektir.

Mevcutta 4G teknolojisi sağlık hizmetleri açısından farklı amaçlar açısından kullanıldığını bilmekteyiz. Fakat son yıllarda akıllı sağlık alanı genişledikçe 4G ağları üzerindeki sağlık uygulama sayısı, boyut ve biçimlerinde ortaya çıkan değişimler veri miktarında devasa artışlara neden olmuştur. Bu durum

Günümüzde 4G ağı ve diğer iletişim teknolojileri sağlık hizmetleri alanında farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Akıllı sağlık hizmet pazarı genişledikçe ağı

bağlanan uygulamaların sayısı, boyut ve biçim bakımından değişiklik gösteren veriler üreteceklerdir. Özellikle akıllı sağlık hizmetleri pazarının büyümesi ile ortaya çıkan sensör tabanlı uygulamalara sahip devasa miktarda cihaz ve makinanın sisteme uyum sağlaması ve bu cihazların bağlantı ihtiyaçları sistem üzerinde aşırı yük oluşmasına neden olmaktadır. Diğer önemli bir konu dokunsal internet ile uzak mesafelerden ameliyatların yapılabilmesi için düşük gecikme ve IoT'ye olan ihtiyacın artmasına neden olacaktır. Kullanımda bulunan 4G iletişim teknolojisinin mevcut teknik özellikleri farklı akıllı sağlık uygulamaları tarafından ortaya çıkan karmaşık ve dinamik talepleri karşılayabilmesi mümkün gözükmemektedir. Bu nedenden dolayı yeni bir iletişim altyapısı ihtiyacı doğduğunu ifade edebilir. 4G teknolojisinin yetersiz kaldığı birçok alanın 5G teknolojisinin sağladığı düşük gecikme, geniş bant, yüksek kapasite, uzun batarya ömrü gibi eşsiz özellikleri ile karşılayabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada 5G teknolojisinin sağlık alanında ne tür değişimler yaratacağı patentler üzerinden incelenmiştir. Patentler bilindiği üzere, devletler tarafından herhangi bir buluş ortaya çıkarmış olan buluş sahibine, sahibinin izni olmadan patent kapsamındaki ürün veya işlemleri yapma, satma, kullanma, satışa sunma veya ithal etme eylemlerinde bulunmayı engelleyen haklar tanıyan yasal belgelerdir (İdris, 2003, 9). Teknolojik gelişmenin yönünü belirlemesi açısından patentler önemli enstrümanlar olduğundan, teknolojik gelişmenin ne yöne evrildiğinin anlaşılması açısından patentlerin varlığı önem arz etmektedir. Çalışmamız 5G kablosuz teknolojilerinin sağlığı hangi yöne doğru domine edeceğini anlamamız açısından önemlidir. Yapılan patent incelemelerinde seçilen 55 patent dokümanı içinde yapılan incelemelerde kablosuz teknolojinin sağlığın en fazla etkileyeceği alan olarak sağlığın uzaktan izlem alanını etkileyeceği görülmüştür. İzlem alanında alınan patentler incelendiğinde diyabet başta olmak üzere kronik hastalıkların uzaktan izlemi konusu diğer alanlara göre daha fazla patent alındığı görülmüştür. Hastaların uzaktan izlemine tedavi ve teşhis fonksiyonları izlemektedir. Patentlerin diğer patentler tarafından aldıkları atıf sayılarına bakıldığında yine en çok atıf uzaktan izlem alanında alındığı bunu tedavi ve teşhis alanında alınan atıfların takip ettiği görülmektedir. Çalışmamızla elde edilen bir diğer önemli sonuç en fazla patente sahip ülkenin ABD olmasıdır.

TARTIŞMA

Literatürde araştırmacılar günümüz sağlık sistemindeki eksiklikleri dört ana kategoride sınıflandırmaktadırlar. Mevcut sağlık sisteminin hasta merkezli bir sistem değildir. Mevcut sistem bireysel hastaya göre kişiselleştirilememektedir. Günümüzde bireylerin tıbbi geçmişine ve genetik profiline dayalı olarak kişiye özel tedavileri benimsemek çok zor ve maliyetlidir. Mevcut sağlık sistemi eşit olarak erişilebilir değildir. Benzer türdeki sağlık tesisleri, hastalar için eşit derecede erişilebilir değildir. Bu tesislerden etnik köken, sosyoekonomik durum, coğrafi yerleşim vb. nedenlerle yalnızca belirli bir grup insan yararlanmaktadır. Mevcut sistemin bütünsel veri odaklı olmadığı ifade edilmektedir (Latif vd., 2017: 23).

Günümüz sağlık teknolojilerindeki gelişmelerin temel itici gücü olan bu eksikliklerin giderilmesinde önemli bir kilometre taşı olarak 5G teknolojisi görülmektedir. 5G teknolojisinin sağlık fonksiyonları özelinde alana ne tür katkılar sağladığının incelendiği araştırmada sağlık fonksiyonlarından hastaların uzaktan izlem alanında en önemli değişimlerin olması beklenmektedir. 5G teknolojisinin sağlığın en fazla etkilemesi düşünölen alanı olan uzaktan hastaların izlenebilmesi ile ‘‘hastalık yok hasta var’’ kavramının sağlıkta daha fazla etkili olması ile kişiselleştirilmiş bir sağlık trendinin hızlanmasına neden olması beklenmektedir. Bu konu yukarıda araştırmacılar tarafından belirlenen sorunlardan biri olması açısından önem arz etmektedir. Günümüzde çeşitli sağlık otoriteleri tarafından belirlenmiş hastalık tedavisinde kullanılan ve hasta fark etmeksizin oluşturulmuş hastalık tedavi kılavuzları ve algoritmaları, sağlık uzmanlarının tedaviye başlama, tedavi şekli ve seçimi belirleme hatta ilaç dozunun belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Sağlık profesyonelleri üzerindeki aşırı iş yükünden kaynaklı tedavilerde kişisel tedaviden daha çok bu yöntemler kullanılmaktadır. 5G teknolojisi sayesinde kişiselleştirilmiş tıp kavramının gelişmesi ile verimlilik, bakım kalitesi, kanıta dayalı işlemler, sağlık bakım kapsamının artırılması gibi konularda iyileştirmelerin olması beklenmektedir. 5G, sağlık bilişiminde önemli ilerlemeler sağlayacak ve böylece hem yeni iş

fırsatlarını sunacak hem de “sonuca dayalı” sağlık hizmetlerine belki de ihtiyaç duyulan geçişi önemli ölçüde kolaylaştıracaktır.

Son dönemde yaşlanan nüfus ile kronik hastalıklar hekimler açısından en büyük iş yükünü oluşturmaktadır. Bu hastaların sürekli kontrol altında tutulmaları ve sıklıkla hastane ziyaretleri yapmaları gerekmektedir. Sağlık tesislerinde oluşan kalabalıklar ve iş yükünün büyük çoğunluğunu bu tür işlemler oluşturmaktadırlar. Kronik hastaların direnç seviyelerinin diğerlerine göre daha düşük olması enfeksiyon açısından sağlık tesisi ziyaretlerinde daha riskli bir durum oluşturmaktadır. Risklerin ortadan kaldırılması ve bu hastaların yaşadıkları ortamda ihtiyaç duydukları sağlık hizmetine kavuşmaları hastalıklı kişiler ve sağlık kurumları açısından kritik önem taşımaktadır. Araştırmamızla da anlaşıldığı üzere yakın gelecekte 5G teknolojilerinin yaygınlaşması ile kronik hastaların sağlık kurumlarına gelmelerine ihtiyaç duymadan uzak mesafelerden sağlık hizmetine kavuşabileceklerdir. Aliabbas (2020) tarafından yapılan araştırmada uzak mesafelerden hasta takibinin stabil çalışmayan ve ağır bir iletişim altyapısına sahip mevcut iletişim altyapısı, uzak mesafeli sağlık hizmetinin yaygınlaşması açısından en önemli engellerden biri olarak ifade edilmektedir (Aliabbas, 2020, 1722). 5G'nin hızlı ve anlık iletim gücü sayesinde sağlık hizmetine ulaşım yöntemindeki değişimin daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Çalışmamız ile, 5G teknolojisinin yaygınlaşması ile anlık veri iletiminde ortaya çıkan gelişmelere bağlı olarak sağlık hizmetinin hastane dışında daha hızlı yaygınlaşması beklenmektedir.

Araştırmamız ile bir diğer benzer sonuçlar S Majumder ve T.Mondal (2018) tarafından yapılan araştırmada sürekli izlemin uzun bir periyod zamanında bireysel hastalık durumları hakkında kapsamlı bilgi sağlayabileceği ifade edilmiştir. Kablosuz mobil teknolojiler ve giyilebilir sensör ve cihazlar yardımıyla sağlık alanında yeni bir düşük maliyetli uzaktan sağlık hizmeti alanının açıldığı ifade edilmiştir. Sistemde oluşan maliyet baskısının ortadan kaldırılması açısından hastaların ev ortamlarında hizmete ulaşabilmeleri hem hastalıklı bireyler hem de sağlık otoritelerinin sağlık hizmet sağlamak için sağlık kurumlarına yaptıkları gelir akışlarında azalmaya neden olabilir (Majumder vd., 2017, 35). Böylelikle sağlığa ayrılan bütçelerde düşüşler sağlanarak elde edilen kaynaklar ihtiyaç duyulan alanlar için kullanılabilir. Bağlantılı sağlık sistemi ile hizmetin uzaktan uygulanabilmesi sağlık profesyoneli eksikliği

yaşayan kırsal kesimin talep edilen sağlık hizmetine ulaşmasını sağlayabilir. Böylece kırsalda yaşayan insanların sağlık hizmetine ulaşım için yaşadıkları ulaşım zorluklarının çözümü sağlanabilir. Sağlık tüketicilerin hareketliliğindeki azalmalar karbon ayak izlerinin azaltılmasına neden olabilir.

Diğer önemli bir değişim hasta bireylerin sağlık yönetimlerinde ortaya çıkması muhtemeldir. Geleneksel sistemde pasif ve verilen talimatlara uyan bir birey olarak karşımıza çıkan hasta yeni sistem ile hastalık yönetimini gerçekleştirmek için ellerindeki araçlar ve bilgilerle proaktif olmaya doğru değişmektedir. Böylelikle hastalar hastalıkları hakkında daha fazla bilgiye sahip olarak tedaviye katılım sağlarlar ve hastalıklarının yönetimine dâhil olurlar.

5G mobil kablosuz teknolojisinin sağlık alanına katkısının pozitif olacağı tartışılırken, birey hayatında her geçen gün daha fazla yoğunlaşan teknoloji kullanımının özellikle yaşlı bireyler açısından çeşitli sorunlara neden olacağı tartışılmaktadır. Sağlık hizmet talebinin büyük çoğunluğunu karşılayan yaşlı ve kronik hastalığı olan bireylerin teknoloji ile ilişkileri dikkate alındığında hastalıkları için yoğun teknoloji kullanımları teknoloji ile sıkı bir ilişki içinde olmayan bireyler açısından bazı sorunlara neden olabilir. Bu bireyler genelde teknoloji ile iç içe olmadıklarından bazı sorunlar yaşamaları muhtemel gözükmektedir. Teknolojik okur yazarlık seviyeleri düşük olan bu bireylerin sisteme entegrasyonu için ne yapılabileceği konusunda belirsizlikler bulunmaktadır. Benzer bir durum kırsal kesimde yaşayan insanlar açısından da öngörülebilmektedir.

Analiz bulgularına dair bir diğer değerlendirme ise alınan patentlerin büyük çoğunluğunun ABD ve Avrupa merkezli olması olarak değerlendirilebilir. 5G teknolojisinin ana vatanı Çin olduğu bilinmektedir. Çin'in 5G alanında çok önemli yatırımları olmasına rağmen bu teknolojinin sağlık alanında yaratacağı değişim dalgası göz önüne alındığında sağlık alanına yeterli dikkatin verilmediği söylenebilir. ABD özelinde baktığımızda teknoloji tabanlı bir sağlık sisteminin olduğu ve ortaya yeni çıkan teknolojik gelişmeleri hızlı bir şekilde sağlık sistemine entegre edebildiği söylenebilir.

Literatür incelendiğinde 5G teknolojisinin sağlık alanına dair etkilerinin patentler üzerinden inceleyen bir çalışmaya rastlanılmadı. Patentlerin teknolojik bilginin yönünü belirlemesi çalışmanın sağlık hizmet otoriteleri için sağlık

teknolojisinin ne yöne evrileceği açısından önemli bir kaynak olması beklenmektedir. Araştırmanın özellikle tıbbi alanda çalışan teknoloji şirketlerine dünyadaki bilgi akışının ne yöne doğru aktığını anlamaları ve yatırımları sağlığın hangi alanına yapmaları gerektiği konusunda önemli bir yol gösterici olması beklenmektedir.

Sonsöz olarak yapılan tartışmalar bizlere şunu göstermektedir ki, yakın gelecekte 5G mobil kablosuz teknolojisinin hayatımıza girmesiyle birlikte sağlık alanında köklü değişimlerin oluşması muhtemeldir. Sağlık sisteminin köklü değişime uğrayacağı ve hastane odaklı hizmet anlayışının hastanın bulunduğu ortamda tedaviye yönelik olarak değişeceği beklenmektedir. Bu değişimin gerçekleşmesi için de en önemli olgunun hastaların uzak mesafelerden izlenebilmesinin olduğu, literatür incelendiğinde ve çalışmamız dikkate alındığında görülmektedir. Yakın bir gelecekte bağlantılı bir sağlık sistemi, sürekli takip edilen bireylerden ve kişiselleştirilmiş bir sistemle karşı karşıya kalmamız muhtemel gözükmektedir. 5G teknolojisi ve bu teknolojiyi tamamen destekleyen ilişkili teknolojilerin katkısıyla 5G teknolojisinin sağlık hizmet alanında yaratması beklenen devrimin anlaşılması açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Acemoglu, A., Krieglstein, J., Caldwell, D. G., Mora, F., Guastini, L., Trimarchi, M., Vinciguerra, A., Carobbio, A. L. C., Hysenbelli, J., Delsanto, M., Barboni, O., Baggioni, S., Peretti, G., & Mattos, L. S. (2020). 5G Robotic Telesurgery: Remote Transoral Laser Microsurgeries on a Cadaver. *IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics*, 511–518. <https://doi.org/10.1109/tmrb.2020.3033007>
- Ahmad, I., Kumar, T., Liyanage, M., Okwuibe, J., Ylianttila, M., & Gurtov, A. (2017). 5G security: Analysis of threats and solutions. *2017 IEEE Conference on Standards for Communications and Networking, CSCN 2017*, 193–199. <https://doi.org/10.1109/CSCN.2017.8088621>
- Ahmad, I., Shahabuddin, S., Kumar, T., Okwuibe, J., Gurtov, A., & Ylianttila, M. (2019). Security for 5G and beyond. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 21(4), 3682–3722. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2916180>
- Aijaz, A., Dohler, M., Hamid Aghvami, A., Friderikos, V., & Frodigh, M. (2017). Realizing the Tactile Internet: Haptic Communications over Next Generation 5G Cellular Networks. *IEEE Wireless Communications*, 24(2), 82–89. <https://doi.org/10.1109/MWC.2016.1500157RP>
- Alemdar, H., & Ersoy, C. (2010). Wireless sensor networks for healthcare: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2688–2710. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.003>
- Aliabbas, Q. N. (2020). 5g technologies are entering a new era in medical science. *Science and Practice: Implementation to Modern Society*, 1711–1723.
- Amft, O. (2018). How wearable computing is shaping digital health. *IEEE Pervasive Computing*, 17(1), 92–98. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2018.011591067>

- Appelboom, G., Camacho, E., Abraham, M. E., Bruce, S. S., Dumont, E. L. P., Zacharia, B. E., D'Amico, R., Slomian, J., Reginster, J. Y., Bruyère, O., & Connolly, E. S. (2014). Smart wearable body sensors for patient self-assessment and monitoring. *Archives of Public Health*, 72(1), 28. <https://doi.org/10.1186/2049-3258-72-28>
- Banupriya, A., Suba, T., Rajalakshmi, K., & Rajasri, S. (2015). MILESTONE OF WIRELESS COMMUNICATION (1G TO 5G TECHNOLOGY). *Int. J. Engg. Res. & Sci. & Tech*, 1(1), 39–45. <http://www.ijerst.com/National-Conference-on-RTCIT-2015.php#>
- Bhatt, Y., & Bhatt, C. (2017). Internet of Things in HealthCare. İçinde *Studies in Big Data* (C. 23, ss. 13–33). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49736-5_2
- Binkley, P. F., Frontera, W., Standaert, D. G., & Stein, J. (2003). Predicting the Potential of Wearable Technology. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 22(3), 23–27. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1213623>
- Brennen, J. S., & Kreiss, D. (2016). Digitalization. *The International Encyclopedia of Communication Theory and Philosophy*, 1–11. <https://doi.org/10.1002/9781118766804.wbiect111>
- Brereton, P., Kitchenham, B. A., Budgen, D., Turner, M., & Khalil, M. (2007). Lessons from applying the systematic literature review process within the software engineering domain. *Journal of Systems and Software*, 80(4), 571–583. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2006.07.009>
- Brincat, A. A., Pacifici, F., Martinaglia, S., & Mazzola, F. (2019). The Internet of Things for Intelligent Transportation Systems in Real Smart Cities Scenarios. *IEEE 5th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2019 - Conference Proceedings*, 128–132. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2019.8767247>
- Çakır, H., & Topçu, H. (2005). BİR İLETİŞİM DİLİ OLARAK İNTERNET. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 71–96.

- Camacho, F., Cárdenas, C., & Muñoz, D. (2018). Emerging technologies and research challenges for intelligent transportation systems: 5G, HetNets, and SDN. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 12(1), 327–335. <https://doi.org/10.1007/s12008-017-0391-2>
- Chen, M., Yang, J., Hao, Y., Mao, S., & Hwang, K. (2017). A 5G Cognitive System for Healthcare. *Big Data and Cognitive Computing*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.3390/bdcc1010002>
- Chen, M., Yang, J., Zhou, J., Hao, Y., Zhang, J., & Youn, C. H. (2018). 5G-Smart Diabetes: Toward Personalized Diabetes Diagnosis with Healthcare Big Data Clouds. *IEEE Communications Magazine*, 56(4), 16–23. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700788>
- Chen, S., Hu, J., Shi, Y., Peng, Y., Fang, J., Zhao, R., & Zhao, L. (2017). Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G. *IEEE Communications Standards Magazine*, 1(2), 70–76. <https://doi.org/10.1109/MCOMSTD.2017.1700015>
- Cheng, T. O. (2007). How Laënnec invented the stethoscope. *International Journal of Cardiology*, 118(3), 281–285. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2006.06.067>
- Çiçek, M. (2015). WEARABLE TECHNOLOGIES AND ITS FUTURE APPLICATIONS. *International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication*, 3, 2320–2084. <https://www.researchgate.net/publication/275580004>
- Contributor, J. B. (2018). *Digitization, Digitalization, And Digital Transformation: Confuse Them At Your Peril I write and consult on digital transformation in the enterprise.* <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg>. <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/04/29/digitization-digitalization-and-digital-transformation-confuse-them-at-your-peril/#78e677fd2f2c>
- Dahiya, M. (2017). 5G-Upcoming of Mobile Wireless Communication Network Security View project 5G-Upcoming of Mobile Wireless Communication.

International Journal of Electrical Electronics & Computer Science Engineering, 4(3), 7–9. www.ijeece.com

- Dananjayan, S., & Raj, G. M. (2020). 5G in healthcare: how fast will be the transformation? *Irish Journal of Medical Science*, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s11845-020-02329-w>
- Dhillon, H. S., Huang, H., & Viswanathan, H. (2017). Wide-Area Wireless Communication Challenges for the Internet of Things. *IEEE Communications Magazine*, 55(2), 168–174. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1500269CM>
- Di Taranto, R., Muppirisetty, S., Raulefs, R., Slock, D., Svensson, T., & Wymeersch, H. (2014). Location-aware communications for 5G networks: How location information can improve scalability, latency, and robustness of 5G. *IEEE Signal Processing Magazine*, 31(6), 102–112. <https://doi.org/10.1109/MSP.2014.2332611>
- Dieste, O., & Padua Griman, A. (2007). An estimation model for test execution effort. *Computer Society*, 215–224. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2007.19>
- Dixon-Woods, M., Cavers, D., Agarwal, S., Annandale, E., Arthur, A., Harvey, J., Hsu, R., Katbamna, S., Olsen, R., Smith, L., Riley, R., & Sutton, A. J. (2006). Conducting a critical interpretive synthesis of the literature on access to healthcare by vulnerable groups. *BMC Medical Research Methodology*, 6(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-6-35>
- Donald C. Cox. (1995). Wireless Personal Communications: What Is It? *IEEE Xplore*, 20–21. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=382529>
- Eluwole, O. T., Udoh, N., Ojo, M., Okoro, C., & Akinyoade, J. A. (2018). From 1G to 5G, What Next? *IAENG International Journal of Computer Science*, 45(3), 6.
- Erdoğan, İ., & Alemdar, K. (2010). *İletişim, Kitle Ve, Kuram Tarihsel, Araştırmalarının Değerlendirmesi, Eleştirel Bir.*
- Evjemo, L. D., Gjerstad, T., Grøtli, E. I., & Sziebig, G. (2020). Trends in Smart

- Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories. *Springer*, 1(2), 35–41. <https://doi.org/10.1007/s43154-020-00006-5>
- Fang, D., Qian, Y., & Hu, R. Q. (2017). Security for 5G Mobile Wireless Networks. *IEEE Access*, 6, 4850–4874. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2779146>
- Funk, L. M., Weiser, T. G., Berry, W. R., Lipsitz, S. R., Merry, A. F., Enright, A. C., Wilson, I. H., Dziekan, G., & Gawande, A. A. (2010). Global operating theatre distribution and pulse oximetry supply: An estimation from reported data. *The Lancet*, 376(9746), 1055–1061. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60392-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60392-3)
- Garg, A. . R. S. (2014). Digital Society from 1G to 5G: A Comparative Study. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 186–193.
- Gobble, M. A. M. (2018). Digitalization, Digitization, and Innovation. *Research Technology Management*, 61(4), 56–59. <https://doi.org/10.1080/08956308.2018.1471280>
- Gope, P., & Hwang, T. (2016). BSN-Care: A Secure IoT-Based Modern Healthcare System Using Body Sensor Network. *IEEE Sensors Journal*, 16(5), 1368–1376. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2015.2502401>
- Greiwe, J., & Nyenhuis, S. M. (2020). Wearable Technology and How This Can Be Implemented into Clinical Practice. *Springer*, 20(8), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11882-020-00927-3>
- Güngör, N. (2018). *İLETİŞİM Kuramlar ve Yaklaşımlar*.
- Gupta, P. (2013). EVOLVEMENT OF MOBILE GENERATIONS : 1G To 5G. *International Journal For Technological Research In Engineering*, 1(3), 152–157. www.ijtre.com
- Gupta, R., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2019). Tactile-internet-based telesurgery system for healthcare 4.0: An architecture, research challenges, and future directions. *IEEE Network*, 33(6), 22–29. <https://doi.org/10.1109/MNET.001.1900063>

- Higgins, J. P., & Green, S. (2008). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*.
- Hrustek, L., Vrcek, N., & Furjan, martina tomicic. (2020). *56 th International Scientific Conference on Economic and Social Development Development Editors : July*, 77–88.
- Hume, R., & Looney, J. (2016). Telemedicine and facility design. *Health facilities management*, 29(2), 30–33. <https://europepmc.org/article/med/27017802>
- Idris, K. (2003). *Overview - Intellectual Property: A Power Tool for Economic Growth*.
- Isto, P., Heikkilä, T., Mämmelä, A., Uitto, M., Seppälä, T., & Ahola, J. M. (2020). 5G Based Machine Remote Operation Development Utilizing Digital Twin. *Open Engineering*, 10(1), 265–272. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0039>
- Jenkins, S. L., & Ma'ayan, A. (2013). "[The] gene-expression signature-based approach to drug discovery adds a new. *Pharmacogenomics*, 14(2), 119–122. <https://doi.org/10.2217/PGS.12.186>
- Jiang, D., & Liu, G. (2017). An Overview of 5G Requirements. *Springer*, 8–9. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-34208-5>
- Jin, M. L., Brown, M. M., Dhir, P., Nirmalan, A., & Edwards, P. A. (2021). Telemedicine, Telementoring, and Telesurgery for Surgical Practices. *Current Problems in Surgery*, 100987. <https://doi.org/10.1016/j.cpsurg.2021.100987>
- Jones, R. W., & Katzis, K. (2018). 5G and wireless body area networks. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 373–378. <https://doi.org/10.1109/WCNCW.2018.8369035>
- Jørgensen, H. S., Nakayama, H., Raaschou, H. O., & Olsen, T. S. (1995). Recovery of walking function in stroke patients: The copenhagen stroke study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 76(1), 27–32. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(95\)80038-7](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(95)80038-7)

- Kachhavay, M. G., & P.Thakare, A. (2014). 5G Technology-Evolution and Revolution. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(3), 1080–1087. www.ijcsmc.com
- Kamil, I. A., & Ogundoyin, S. O. (2021). A lightweight mutual authentication and key agreement protocol for remote surgery application in Tactile Internet environment. *Computer Communications*, 170, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2021.01.025>
- Karaçam, Z. (2013). *Sistemik Derleme Metodolojisi Sistemik Derleme Metodolojisi: Sistemik Derleme Hazırlamak İçin Bir Rehber Zekiye KARAÇAM** (C. 6, Sayı 1). <http://www.deuhyoedergi.org>
- Karagülle, A. E., & Çaycı, B. (2014). AĞ TOPLUMUNDA SOSYALLEŞME VE YABANCILAŞMA. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 4(1), 1–9. <https://dergipark.org.tr/en/pub/tojdac/issue/13016/156815>
- Karamitsios, K., & Orphanoudakis, T. (2017). Efficient IoT data aggregation for connected health applications. *Proceedings - IEEE Symposium on Computers and Communications*, 1182–1185. <https://doi.org/10.1109/ISCC.2017.8024685>
- Kaya, G., & Usluer, Y. (2011). Öğrenme-Öğretme Süreçlerinde Bit Entegrasyonunu Etkileyen Faktörlere Yönelik İçerik Analizi. *BUCA EĞİTİM FAKÜLTESİ DERGİSİ*, 50. <http://fatihprojesi.meb.gov.tr>
- Kayakökü, A., & Demirbaş, Ş. (2017). Patent Arama Motorlarının Kullanımı Üzerine Bir İnceleme. *Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Gazi*, 5(3), 149–165.
- Keele, S. (2007). *Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering*.
- Khan, R., Kumar, P., Jayakody, D. N. K., & Liyanage, M. (2020). A Survey on Security and Privacy of 5G Technologies: Potential Solutions, Recent Advancements, and Future Directions. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(1), 196–248. <https://doi.org/10.1109/COMST.2019.2933899>

- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., & Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review. İçinde *Information and Software Technology* (C. 51, Sayı 1, ss. 7–15). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Koçak, H. (2011). Kablosuz iletişim ve internet teknolojilerindeki yeniliklerin toplumsal yaşama katkıları. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/200472>
- Koop, C., Mosher, R., Kun, L., Geiling, J., Grigg, E., Long, S., Macedonia, C., Merrell, R., Satava, R., & Rosen, J. (2008). Future delivery of health care: Cybercare. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 27(6), 29–38. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2008.929888>
- Kos, A., & Umek, A. (2019). Wearable sensor devices for prevention and rehabilitation in healthcare: Swimming exercise with real-time therapist feedback. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(2), 1331–1341. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2850664>
- Kostkova, P. (2015). Grand Challenges in Digital Health. *Frontiers in Public Health*, 3, 1–3. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2015.00134>
- Kshetri, N., & Voas, J. (2020). 5G, Security, and You. *IEEE*, 53(3), 62–66. <https://doi.org/10.1109/MC.2020.2966106>
- Kumar, A., & Krishnan, P. (2020). Performance analysis of RoFSO links with spatial diversity over combined channel model for 5G in smart city applications. *Elsevier*, 466, 125600. <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2020.125600>
- Kumar, B., Singh, S. P., & Mohan, A. (2010). Emerging mobile communication technologies for health. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 828–832. <https://doi.org/10.1109/ICCCT.2010.5640393>
- LaPietra, A., Grossi, E. A., Derivaux, C. C., Applebaum, R. M., Hanjís, C. D., Ribakove, G. H., Galloway, A. C., Bittenheim, P. M., Steinberg, B. M., Culliford, A. T., & Colvin, S. B. (2000). Robotic-assisted instruments enhance

- minimally invasive mitral valve surgery. *Annals of Thoracic Surgery*, 70(3), 835–838. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(00\)01610-6](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(00)01610-6)
- Latif, S., Qadir, J., Farooq, S., & Imran, M. (2017). How 5G Wireless (and Concomitant Technologies) Will Revolutionize Healthcare? *Future Internet*, 9(4), 93. <https://doi.org/10.3390/fi9040093>
- Legner, C., Eymann, T., Hess, T., Matt, C., Böhmman, T., Drews, P., Mädche, A., Urbach, N., & Ahlemann, F. (2017). Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community. *Business and Information Systems Engineering*, 59(4), 301–308. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0484-2>
- Lema, M. A., Antonakoglou, K., Sardis, F., Sornkarn, N., Condoluci, M., Mahmoodi, T., & Dohler, M. (2017). 5G Case Study of Internet of Skills: Slicing the Human Senses. *2017 European Conference on Networks and Communications (EuCNC)*.
- Li, D. (2019). 5G and intelligence medicine-how the next generation of wireless technology will reconstruct healthcare? *Precision Clinical Medicine*, 2(4), 205–208. <https://doi.org/10.1093/pcmedi/pbz020>
- Liyanage, M., Salo, J., Braeken, A., Kumar, T., Seneviratne, S., & Ylianttila, M. (2018). 5G Privacy: Scenarios and Solutions. *IEEE 5G World Forum, 5GWF 2018 - Conference Proceedings*, 197–203. <https://doi.org/10.1109/5GWF.2018.8516981>
- Lloret, J., Parra, L., Taha, M., & Tomás, J. (2017). An architecture and protocol for smart continuous eHealth monitoring using 5G. *Computer Networks*, 129, 340–351. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2017.05.018>
- Lopa, M., & Vora, J. (2015). EVOLUTION OF MOBILE GENERATION TECHNOLOGY: 1G TO 5G AND REVIEW OF UPCOMING WIRELESS TECHNOLOGY 5G - www.danspela.com. *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*, 02(10), 281–290. www.danspela.com

- Lupton, D. (2014). Critical Perspectives on Digital Health Technologies. *Sociology Compass*, 8(12), 1344–1359. <https://doi.org/10.1111/soc4.12226>
- Majid, M. I., & Hashmi, A. M. (2020). *IoMT and 5G View project Internet of Flying Things and Environmental Management View project*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1851-9.ch015>
- Majumder, S., Mondal, T., & Deen, M. J. (2017). Wearable sensors for remote health monitoring. *Sensors (Switzerland)*, 17(1), 1–2. <https://doi.org/10.3390/S17010130>
- McNeely, B. D. (2020). Current trends in robotic surgery: A role for telesurgery in remote Canadian communities. *UBC Medical Journal*, 12(1), 33–34. <https://ojs.library.ubc.ca/index.php/ubcmj/article/view/192462>
- Meskó, B., Drobni, Z., Bényei, É., Gergely, B., & Györffy, Z. (2017). Digital health is a cultural transformation of traditional healthcare. *mHealth*, 3, 38–38. <https://doi.org/10.21037/mhealth.2017.08.07>
- Mitra, R. N., & Agrawal, D. P. (2015). 5G mobile technology: A survey. *ICT Express*, 1(3), 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2016.01.003>
- Mohammed, N. A., Mansoor, A. M., & Ahmad, R. B. (2019). Mission-Critical Machine-Type Communication: An Overview and Perspectives towards 5G. *IEEE Access*, 7, 127198–127216. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2894263>
- Moorthy, K., Munz, Y., Dosis, A., Hernandez, J., Martin, S., Bello, F., Rockall, T., & Darzi, A. (2004). Dexterity enhancement with robotic surgery. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 18(5), 790–795. <https://doi.org/10.1007/s00464-003-8922-2>
- Morgado, A., Huq, K. M. S., Mumtaz, S., & Rodriguez, J. (2018). A survey of 5G technologies: regulatory, standardization and industrial perspectives. *Digital Communications and Networks*, 4(2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2017.09.010>

- Mueller, E., Chen, X. L., & Riedel, R. (2017). Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 30(5), 1050–1057. <https://doi.org/10.1007/s10033-017-0164-7>
- Nightingale, A. (2009). A guide to systematic literature reviews. *Surgery*, 27(9), 381–384. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2009.07.005>
- Ning, Z., Dong, P., Wang, X., Hu, X., Guo, L., Hu, B., Guo, Y., Qiu, T., & Kwok, R. Y. K. (2021). Mobile Edge Computing Enabled 5G Health Monitoring for Internet of Medical Things: A Decentralized Game Theoretic Approach. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(2), 463–478. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3020645>
- Norrman, K., Näslund, M., & Dubrova, E. (2016). *Protecting IMSI and User Privacy in 5G Networks*. 159–166. <https://doi.org/10.4108/eai.18-6-2016.2264114>
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A Guide to Conducting a Systematic Literature Review of Information Systems Research. *Working Papers on Information Systems*, 1–49. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/3250666/OkoliSchabram2010SproutsLitReviewGuide-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1625002856&Signature=dNWtGOHvsW7mgQYcNya1aCphmHIUrA9vjC-5ymBvQULmjygWxffv40oMz9YMjfLSQzGOF~hdrf7ZDIJUaFOhxVcplhxcxSJ6m0p-v1ENK4fk~fT7rYE0zk>
- Olsson, M., Cavdar, C., Frenger, P., Tombaz, S., Sabella, D., & Jantti, R. (2013). 5GrEEen: Towards Green 5G mobile networks. *International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, 212–216. <https://doi.org/10.1109/WiMOB.2013.6673363>
- Osseiran, A., & Monserrat, J. F. (2016). 5G mobile and wireless communications technology. İçinde *5G Mobile and Wireless Communications Technology*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316417744>

- Padmashree, T., & Nayak, S. S. (2020). 5G Technology for E-Health. *5G Technology for E-Health*, 211–216.
- Panina, G., Khot, U. N., Nunziata, E., Cody, R. J., & Binkley, P. F. (1995). Assessment of autonomic tone over a 24-hour period in patients with congestive heart failure: Relation between mean heart rate and measures of heart rate variability. *American Heart Journal*, 129(4), 748–753. [https://doi.org/10.1016/0002-8703\(95\)90325-9](https://doi.org/10.1016/0002-8703(95)90325-9)
- Park, S., & Jayaraman, S. (2003). Enhancing the Quality of Life Through Wearable Technology. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 22(3), 41–48. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1213625>
- Parvez, I., Member, S., Rahmati, A., Member, S., Guvenc, I., Member, S., Sarwat, A. I., & Member, S. (2018). A Survey on Low Latency Towards 5G : RAN , Core Network and Caching Solutions. *IEEE*, 20(4), 3098–3130.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Elsevier Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Perez, M. V., Mahaffey, K. W., Hedlin, H., Rumsfeld, J. S., Garcia, A., Ferris, T., Balasubramanian, V., Russo, A. M., Rajmane, A., Cheung, L., Hung, G., Lee, J., Kowey, P., Talati, N., Nag, D., Gummidipundi, S. E., Beatty, A., Hills, M. T., Desai, S., ... Turakhia, M. P. (2019). Large-Scale Assessment of a Smartwatch to Identify Atrial Fibrillation. *New England Journal of Medicine*, 381(20), 1909–1917. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1901183>
- Philip, N. Y., Rodrigues, J. J. P. C., Wang, H., Fong, S. J., & Chen, J. (2021). Internet of Things for In-Home Health Monitoring Systems: Current Advances, Challenges and Future Directions. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(2), 300–310. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3042421>
- Postolache, O., Hemanth, D. J., Alexandre, R., Gupta, D., Geman, O., & Khanna, A. (2021). Remote Monitoring of Physical Rehabilitation of Stroke Patients Using IoT and Virtual Reality. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*,

39(2), 562–573. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2020.3020600>

- Qadri, Y. A., Nauman, A., Zikria, Y. Bin, Vasilakos, A. V., & Kim, S. W. (2020). The Future of Healthcare Internet of Things: A Survey of Emerging Technologies. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 22(2), 1121–1167. <https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2973314>
- Rabia Khan, Student, P. K., & Liyanage, D. N. K. J. and M. (2020). IEEE Xplore Full-Text PDF: *IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS*, 22(1), 197–240. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8792139>
- Ramaswamy, V., & Ozcan, K. (2016). Brand value co-creation in a digitalized world: An integrative framework and research implications. *International Journal of Research in Marketing*, 33(1), 93–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2015.07.001>
- Randazzo, V., Ferretti, J., & Pasero, E. (2019). ECG WATCH: A real time wireless wearable ECG. *Medical Measurements and Applications, MeMeA 2019 - Symposium Proceedings*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/MeMeA.2019.8802210>
- Rao, S. K., & Prasad, R. (2018a). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. *Wireless Personal Communications*. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5615-7>
- Rao, S. K., & Prasad, R. (2018b). Impact of 5G Technologies on Industry 4.0. *Springer*, 100(1), 145–159. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5615-7>
- Rao, S. K., & Prasad, R. (2018c). Impact of 5G Technologies on Smart City Implementation. *Wireless Personal Communications*, 100(1), 161–176. <https://doi.org/10.1007/s11277-018-5618-4>
- Renn, O., & Benighaus, C. (2013). Perception of technological risk: Insights from research and lessons for risk communication and management. *Çinde Journal of Risk Research* (C. 16, Sayılar 3–4, ss. 293–313). Routledge . <https://doi.org/10.1080/13669877.2012.729522>
- Rhoades, E. A. (y.y.). Literatür İncelemeleri - ProQuest. *The volta Review*, 2011, 353–368. Tarihinde 21 Haziran 2021, adresinden erişildi

<https://www.proquest.com/docview/917532740?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>

- Ricciardi, W., Pita Barros, P., Bourek, A., Brouwer, W., Kelsey, T., Lehtonen, L., Anastasy, C., Barros, P., Barry, M., Bourek, A., Brouwer, W., De Maeseneer, J., Kringos, D., Lehtonen, L., McKee, M., Murauskiene, L., Nuti, S., Ricciardi, W., Siciliani, L., & Wild, C. (2019). How to govern the digital transformation of health services. *European Journal of Public Health*, 29(Supplement_3), 7–12. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckz165>
- Sachs, J., Andersson, L. A. A., Araujo, J., Curescu, C., Lundsjo, J., Rune, G., Steinbach, E., & Wikstrom, G. (2019). Adaptive 5G low-latency communication for tactile internet services. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*, 107(2), 325–349. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2018.2864587>
- Sahoo, S. S., Hota, K. M., & Barik, K. K. (2014). 5G Network a New Look into the Future: Beyond all Generation Networks. *American Journal of Systems and Software*, 2(4), 108–112. <https://doi.org/10.12691/ajss-2-4-5>
- Shaik, A., Borgaonkar, R., Asokan, N., Niemi, V., & Seifert, J.-P. (2017). *Practical Attacks Against Privacy and Availability in 4G/LTE Mobile Communication Systems*. 1–16. <https://doi.org/10.14722/ndss.2016.23236>
- Sharma, P. (2013). Evolution of Mobile Wireless Communication Networks-1G to 5G as well as Future Prospective of Next Generation Communication Network. *IJCSMC*, 2(8), 47–53. www.ijcsmc.com
- Sharma, S. K., Woungang, I., Anpalagan, A., & Chatzinotas, S. (2020). Toward Tactile Internet in beyond 5G Era: Recent Advances, Current Issues, and Future Directions. *IEEE Access*, 8, 56948–56991. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2980369>
- Sholla, S., Naaz, R., & Chishti, M. A. (2017). Incorporating Ethics in Internet of Things (IoT) Enabled Connected Smart Healthcare. *Proceedings - 2017 IEEE 2nd International Conference on Connected Health: Applications, Systems and*

Engineering Technologies, CHASE 2017, 262–263.
<https://doi.org/10.1109/CHASE.2017.93>

Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2015-Janua*, 697–701.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>

Siau, K., & Shen, Z. (2006). Mobile healthcare informatics. *Medical Informatics and the Internet in Medicine*, 31(2), 89–99.
<https://doi.org/10.1080/14639230500095651>

Singal, T. L. (2010). *Wireless Communications*.
[https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=cQJzA8CCUUC&oi=fnd&pg=PR14&dq=Singal,+T.+L.+\(2010\).+Wireless+Communication.+New+Delhi:+Tata+Mcgraw+Hill+Education+Private+Limited.&ots=MpMcMyhw5c&sig=IrZ6kxeecVLPx-B8S3JV49lqs58&redir_esc=y#v=onepage&q=Singa](https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=cQJzA8CCUUC&oi=fnd&pg=PR14&dq=Singal,+T.+L.+(2010).+Wireless+Communication.+New+Delhi:+Tata+Mcgraw+Hill+Education+Private+Limited.&ots=MpMcMyhw5c&sig=IrZ6kxeecVLPx-B8S3JV49lqs58&redir_esc=y#v=onepage&q=Singa)

Skouby, K. E., & Lynggaard, P. (2014). Smart home and smart city solutions enabled by 5G, IoT, AAI and CoT services. *Proceedings of 2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2014*, 874–878.
<https://doi.org/10.1109/IC3I.2014.7019822>

Sodhro, A. H., & Shah, M. A. (2017). Role of 5G in medical health. *IEEE Xplore*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICIEECT.2017.7916586>

Soldani, D. (2019). 5G and the Future of Security in ICT. *IEEE*, 1–8.
<https://doi.org/10.1109/ITNAC46935.2019.9078011>

Tan, L., & Wang, N. (2010). Future Internet: The Internet of Things. *ICACTE 2010 - 2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, Proceedings*, 5, 376–380.
<https://doi.org/10.1109/ICACTE.2010.5579543>

Teece, D. J. (2017). *5G Mobile: Impact on the Health Care Sector*. 2–17.

- Tian, W., Fan, M., Zeng, C., Liu, Y., He, D., & Zhang, Q. (2020). Telerobotic spinal surgery based on 5g network: The first 12 cases. *Neurospine*, *17*(1), 114–120. <https://doi.org/10.14245/ns.1938454.227>
- Tolstaya, A. M., Suslina, I. V., & Tolstaya, P. M. (2016). Information provision of patent research. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, *13*(3), 1479–1491. <https://doi.org/10.13005/bbra/2291>
- Ullah, K., Shah, M. A., & Zhang, S. (2016). Effective ways to use Internet of Things in the field of medical and smart health care. *2016 International Conference on Intelligent Systems Engineering, ICISE 2016*, 372–379. <https://doi.org/10.1109/INTELSE.2016.7475151>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Qi Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, *122*, 889–901. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022>
- Wang, C. X., Haider, F., Gao, X., You, X. H., Yang, Y., Yuan, D., Aggoune, H. M., Haas, H., Fletcher, S., & Hepsaydir, E. (2014). Cellular architecture and key technologies for 5G wireless communication networks. *IEEE Communications Magazine*, *52*(2), 122–130. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736752>
- West, D. M. (2016). *How 5G technology enables the health internet of things*. 1–20.
- World Health Organization. (2011). *World Health Organization Global Health and Aging*.
- Xia, S. B., & Lu, Q. S. (2021). Development status of telesurgery robotic system. *Chinese Journal of Traumatology - English Edition*, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2021.03.001>
- Yang, G., Pang, G., Pang, Z., Gu, Y., Mantysalo, M., & Yang, H. (2019). Non-Invasive Flexible and Stretchable Wearable Sensors with Nano-Based Enhancement for Chronic Disease Care. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, *12*, 34–71. <https://doi.org/10.1109/RBME.2018.2887301>

- Yang, G., Xie, L., Mantysalo, M., Zhou, X., Pang, Z., Xu, L. Da, Kao-Walter, S., Chen, Q., & Zheng, L.-R. (2014). A Health-IoT Platform Based on the Integration of Intelligent Packaging, Unobtrusive Bio-Sensor, and Intelligent Medicine Box. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *10*(4), 2180–2191. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2307795>
- Yao, M. Z., Rice, R. E., & Wallis, K. (2007). Predicting user concerns about online privacy. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *58*(5), 710–722. <https://doi.org/10.1002/asi.20530>
- Yin, Y., Zeng, Y., Chen, X., & Fan, Y. (2016). The internet of things in healthcare: An overview. *Journal of Industrial Information Integration*, *1*, 3–13. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2016.03.004>
- Yu, H., Lee, H., & Jeon, H. (2017). What is 5G? Emerging 5G Mobile Services and Network Requirements. *Sustainability*, *9*(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su9101848>
- Zeng, W., Shu, L., Li, Q., Chen, S., Wang, F., & Tao, X.-M. (2014). Fiber-Based Wearable Electronics: A Review of Materials, Fabrication, Devices, and Applications. *Advanced Materials*, *26*(31), 5310–5336. <https://doi.org/10.1002/adma.201400633>
- Zheng, J., Wang, Y., Zhang, J., Guo, W., Yang, X., Luo, L., Jiao, W., Hu, X., Yu, Z., Wang, C., Zhu, L., Yang, Z., Zhang, M., Xie, F., Jia, Y., Li, B., Li, Z., Dong, Q., & Niu, H. (2020). 5G ultra-remote robot-assisted laparoscopic surgery in China. *Surgical Endoscopy*, *34*(11), 5172–5180. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07823-x>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *IEEE*, 2147–2152. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>