

Tip 2 Diyabet Hastalarının Nesnelerin İnterneti Tabanlı İzlemi

Hüseyin DEMİR¹
İsmet ŞAHİN²

ÖZ

Tip 2 diyabet dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli bir sağlık problemi olmaya devam etmekte olup insan sağlığını çok farklı şekilde olumsuz etkilemektedir. Tip 2 diyabet hastalığının yönetiminde hastanın doktor tarafından sürekli izlemi ve gerekli uygulamaların yapılması hastada gelişebilecek muhtemel komplikasyonların önüne geçilmesine katkı sağlar. Hastaların sürekli izleminde kullanılabilir yeni nesil teknolojilerin belki de en önemlilerinden biri Nesnelerin İnterneti olup tip 2 diyabet hastalığının etkili ve etkin bir şekilde yönetilmesinde önemli fırsatlar sunmaktadır. Gerek invazif olarak hastanın vücuduna yerleştirilen cihazlar gerekse de invazif olmayan bir takım teknolojiler bu hastalığın sürekli izleminde hastaların sağlık sonuçlarını olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bunun yanı sıra, hastaya ait vital bulguların sürekli izlemi ve hasta ile ortaklaşa bir şekilde hastalığın nasıl yönetilmesi gerektiğine karar vermek hastada olumlu davranışlar geliştirme ve hastanın hastalığı ile birlikte daha mutlu bir şekilde yaşamayı öğrenmesi gibi sonuçlara da katkı sağlayabilecektir. Bu kapsamda hazırlanan bu çalışmada Nesnelerin İnterneti kavramına ilişkin kavramsal çerçeve sunulduktan sonra bu teknolojilerin sağlık alanında hangi amaçlar ile kullanıldığı, potansiyel uygulamaların ne/neler olduğu aktarılmıştır. Sonrasında ise tip 2 diyabet hastalığı ile ilgili literatüre dayalı bilgiler verilerek tip 2 diyabet hastalığında Nesnelerin İnterneti’nin kullanılabilirliği detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tip 2 Diyabet, Nesnelerin İnterneti, Yaşam Kalitesi

1 Arş. Gör. Sağlık Yönetimi Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, huseyindemir@hacettepe.edu.tr

2 Prof. Dr. Sağlık Yönetimi Bölümü, Hacettepe Üniversitesi ismet@hacettepe.edu.tr

Sensing of Type 2 Diabetes Patients Based on Internet of Things

ABSTRACT

Type 2 diabetes is continuing to be a major health problem in Turkey as well as in the world and affects human health adversely in many different ways. Continuous monitoring of a patient by the doctor in Type 2 diabetes management will contribute to prevent and delay possible complications that may develop. Perhaps one of the most important of new generation technologies that can be used in the continuous monitoring of patients is Internet of Things which offers significant opportunities for the effective and efficient management of the disease. Devices that are placed invasively in the body of the patient or non-invasive technologies can positively influence the health outcomes of the patients by positively affecting the health outcomes by continuous monitoring of the disease. In addition, continuous monitoring of vital signs of the patient and deciding how to manage the disease with the patient jointly may also contribute to the development of patient who is happier with the disease. In this study prepared at this context, the general conceptual framework of the concept of the Internet of Things was introduced, and then the information about the purpose of these technologies in the field of health and the potential applications/implications were given after the introducing of Type 2 Diabetes. Subsequently, the usability of the Internet of Things in Type 2 diabetes was evaluated in detail.

Keywords: Type 2 Diabetes, Internet of Things, Quality of Life

1. GİRİŞ

Ünlü fizikçi Michio Kaku, **“Geleceğin Fiziki”** adlı kitabında 2100 yılından bir günü bizlere şu şekilde tasvir etmektedir:

“Yılbaşı gecesindeki ağır bir parti gecesinden sonra, mışıl mışıl uyumaktasınız. Ve birden duvar ekranınız aydınlanır. Dost ve tanıdık bir yüz ekranda belirir. Bu, yeni satın aldığınız yazılım programı Molly’dir. Molly neşeli bir şekilde, “Uyan John. Ofiste sana ihtiyaç var. Bizzat. Bu önemli,” der. Yavaş yavaş yataktan kendinizi dışarı sürüklersiniz ve isteksizce banyoya yönelirsiniz. Yüzünüzü yıkarken, ayna, tuvalet ve lavaboda saklı yüzlerce DNA ve protein alıcısı sessizce harekete geçer, nefesinizden ve vücut sıvılarınızdan yayılan molekülleri analiz ederler, herhangi bir hastalığın moleküler seviyede en ufak bir belirtisi olup olmadığını kontrol ederler.” (Kaku, 2011: 394)

Kaku’ nun idealize ettiği bu tasvir, teknolojide yaşanan gelişmelerin insan yaşamını ne düzeyde kapsayacağı ve bu gelişmeler ile birlikte teknolojinin insan sağlığı üzerindeki etkisinin ne düzeyde önemli olduğunu/olacağını açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bilgi teknolojileri ve tıp alanında yaşanan gelişmeler, sağlık hizmetlerini daha kesin, etkili ve verimli kılmada potansiyel fırsatlar barındırmaktadır. Son yıllarda sağlık sistemlerinin dikkatini fazlasıyla üzerine çeken Nesnelerin İnterneti (IoT), teknoloji alanında yaşanan değişim ve dönüşümün bir uzantısı olmakla birlikte tıp ve sağlık hizmeti uygulamaları üzerinde önemli etkiler yaratacak potansiyeli bulunmaktadır (Verma ve Sood, 2018). IoT, ulaşım, lojistik, akıllı evler gibi hayatın çok farklı alanlarında potansiyel kullanımlara sahip olarak karşımıza çıkabilmekte olup söz konusu potansiyel kullanımlar içerisinde şüphesiz sağlık alanında kullanım potansiyeli sağlık hizmetleri endüstrisinde bu teknolojilere ilginin artmasını sağlamıştır (Saarikko vd., 2017).

İnsanlık, tarih boyunca çoğu şey için kontrol mekanizması geliştirmenin yolunu bulmasına rağmen, henüz hastalıkların kökünü kazımayı başarmış değildir (Osman, 2012: 246). Sağlık sistemleri içerisinde kronik hale gelen sağlık problemlerinin sayısı şüphesiz oldukça fazladır. Dünya genelinde milyonlarca insanın sağlık statüsünü olumsuz etkileyen bu problemlerden biri de tip 2 diyabet hastalığıdır. Tip 2 diyabet, dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli bir sağlık problemi olmaya devam etmektedir ve ilerleyen yıllarda duru-

mun daha da kötü bir hale geleceğini ileri süren görüşler dahi bulunmaktadır. Türkiye’de bu oran 2017 yılı itibariyle 20-79 yaş nüfusunda diyabet prevalansı %12.13 olup bu oran Avrupa Birliği’ne bağlı ülkelerdeki prevalansın yaklaşık olarak iki katıdır (World Bank, 2018). Tip 2 diyabet, hastayı ve hastanın yaşam kalitesini olumsuz etkilemesi nedeniyle sağlık sistemlerince oldukça önemsenen ve iyileştirmeye açık metabolik bir hastalıktır. Tip 2 diyabet hastalığının etkili bir şekilde yönetilememesi nedeniyle hastada ortaya çıkabilecek komplikasyonlar (böbrek hasarı, göz hasarı, beyin hasarı vb.) hastanın yaşamını önemli ölçüde tehlikeye atabilmekte ve sağlık sistemlerince sağlık hizmeti sunumu sonucunda elde edilmesi planlanan sağlık sonuçları (health outcomes) hedeflerine varma önünde önemli kısıtlılıklar oluşturabilmektedir.

Tip 2 diyabet hastalarının doktor tarafından gerçek zamanlı ve sürekli izlemi, hastalığın etkili bir şekilde yönetilmesinde, farkındalık oluşturmada ve hastada olumlu yönde davranış geliştirerek hastayı kendi sağlığının ortak üreticisi haline getirmede önemli kazanımlar sağladığı genel kabul görmektedir (Caduff vd., 2006; Lanzola vd., 2016; Onoue vd., 2017; Avila ve Errecalde, 2018). IoT, bu noktada söz konusu hastaların doktor tarafından sürekli olarak izlemi ve kontrolüne olanak sağlayan yeni nesil teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır (Farahani vd., 2018). Hastalardan gerçek zamanlı olarak glukoz değerlerini gösteren verileri elde etmeye ve bu verileri hızlı bir şekilde analiz etmeye olanak sağlayan, hastalara almaları gereken insülin dozuna ek olarak diyet, egzersiz vb. bilgileri de aktarmaya olanak sağlaması bu teknolojilerin tip 2 diyabet hastalığının yönetilmesi sonucu elde edilecek sonuçlara ne düzeyde katkı sağlayabileceği düşünülebilir (Gomez vd., 2016). Bu çalışmada, tip 2 diyabet hastalarının izleminin IoT tabanlı izlemi üzerinde durulmuştur ve konunun önemine dikkat çekilmiştir. İlk aşamada, sağlık alanında IoT kavramı üzerinde durulmuştur ve konuya ilişkin literatür aktarılmıştır. IoT kavramı detaylı olarak aktarıldıktan sonra tip 2 diyabet hastalığına ilişkin kavramsal çerçeve, hastalığın belirtileri ve tanısı, hastalığın komplikasyonları ve yaşam kalitesi ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Üçüncü aşamada tip 2 diyabetin izlemine ilişkin yürütülen çalışmalar aktarıldıktan sonra tip 2 diyabet hastalarının IoT ile izlenebilirliği ilgili literatür ışığında değerlendirilmeye çalışılmıştır. Türkiye’de diyabet prevalansının diğer ülkelere göre yüksek olması nedeniyle konunun önemine dikkat çekmek ve bu hastalığın daha etkin bir şekilde yö-

netilmesinde IoT teknolojisinin sunduğu potansiyel fırsatları değerlendirmek çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Bu yönüyle çalışmanın konu ile ilgili literatürde bilimsel bilgi birikimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. SAĞLIK ALANINDA NESNELERİN İNTERNETİ

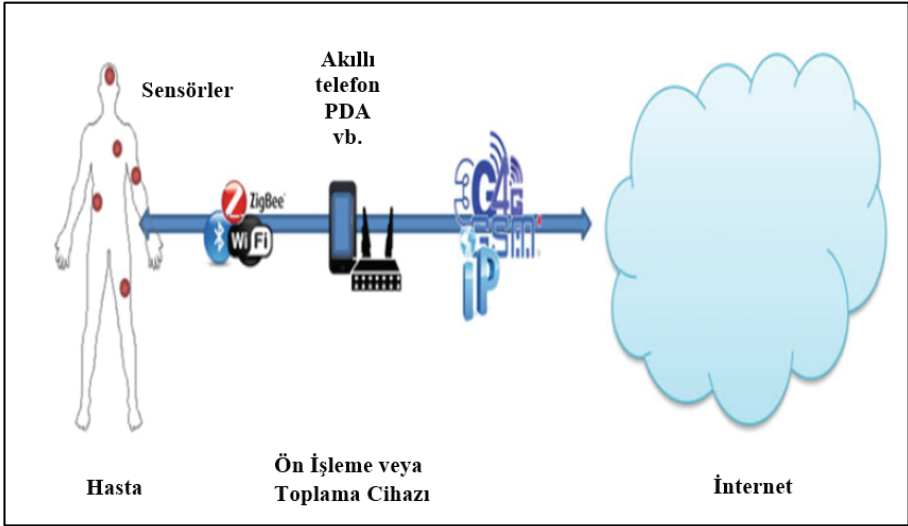
2.1. Nesnelerin İnterneti Kavramı

İnternetin uzun tarihi, 1950'li yıllarda geliştirilen elektronik bilgisayarların geliştirilmesi ile başlamıştır ve çeşitli teknolojiler ile birlikte internet protokollü paketlerinin standardize edilmesinden sonra internet dünya çapında bir ağ olarak insan hayatına girmeyi başarmıştır. İnternetin yaygınlaşması ile birlikte insan hayatına giren IoT terimi ilk olarak 1999 yılında İngiltere'den Kevin Ashton tarafından kablosuz cihaz pazarının patlaması, Radyo Frekansı Tanımlaması (RFID) ve Kablosuz Sensör Ağı (WSN) teknolojilerinin dünyaya tanıtılmasından sonra ortaya atılmıştır (Salman vd., 2015; Albishi vd., 2017). IoT, herhangi bir şeyi herhangi bir zamanda herhangi bir şeye veya kimseye internet olanaklarının kullanılarak bağlanmasına olanak sağlamaktadır (Atzori vd., 2010; Riahi Sfar vd., 2017). IoT, fiziksel ve sanal nesnelerin kendi aralarında karşılıklı bağlılık içerisinde olduğu dinamik bir ağ olarak değerlendirilebilir. IoT, robotik, lojistik, ulaşım ve sağlık hizmetleri alanında potansiyel fırsatlar yaratabilen kablosuz sensör ağları, yapay zekâ ve bulut hesaplama gibi ileri düzey teknolojileri de kapsamına almaktadır (Mahdavinejad vd., 2017: 7). Örnek olarak, sağlık hizmetleri alanında kullanılmak üzere geliştirilecek IoT tabanlı bir sistem, kablosuz sensör ağı, izleme, akıllı ağ geçitleri ve bulut sistemler gibi teknolojilerden de yararlanmak durumundadır (Gia vd., 2017: 327). Kablosuz sensör ağlarının gelişimiyle birlikte hayatın farklı alanlarında inovatif yöntemler geliştirilmiştir. E-sağlık ve iyilik hali (wellness) uygulamaları, akıllı evler, akıllı arabalar ve akıllı sağlık hizmetleri yaşanan bu evrimi açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Kronik hastalıkların uzaktan izlemi ve kontrolüne olanak sağlayan mobil sağlık, benzer şekilde yaşanan değişim ve dönüşümü gözler önüne sermektedir (Shaev, 2014: 878).

2.2. Nesnelerin İnterneti Yapısı

IoT'un içerisinde hasta, teknolojik cihazlar ve internet yer almaktadır. IoT'un mümkün olabilmesi için bu üç boyutun bir arada bulunması gerekmektedir. Hastanın vücuduna yerleştirilen sensörler veya invazif olarak hastanın uygun bölgesine yerleştirilen cihazlar aracılığıyla hastanın verileri elde edilir. Çeşitli kablosuz iletişim araçları (Wi-Fi, Bluetooth vb.) kullanılarak elde edilen bu veriler bir alıcıya (akıllı telefon, kişisel dijital asistan vb.) yönlendirilir. Nihayetinde elde edilen bu veriler kullanılan cihazın internet erişim olanakları kullanılarak sağlık organizasyonu ile paylaşılmaktadır. IoT'un kavramsal sunumu ve e-sağlık yapısı aşağıda Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1. IoT Kavramsal Sunum ve e-Sağlık Yapısı



Ould-Yahia vd. (2017). Exploring Formal Strategy Framework for the Security in IoT towards e-Health Context using Computational Intelligence. s. 69.

Hastaya ilişkin elde edilen bu bilgilerin gizlilik ve güvenlik ilkeleri çerçevesinde korunması ve yönetilmesi gerekmektedir (Chalmers ve Muir, 2003; Allen, 2008). Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) standartlarını benimseyen ülkelerde bu durumu görmek mümkündür. HIPAA standartları gereğince hastayı tanımlayan her türlü bilgi güvenle korunmalıdır ve sadece bu bilgiler ile ilgili işlem yapma yetkisine sahip kişiler bu bilgilere erişim sağlayabilmelidir (McGowan, 2012: 63; Nigrin, 2014: 395). Elektronik sağlık, mobil sağlık, bitcoin ve blok-zincir teknolojilerinde olduğu gibi

IoT'ta da bilgilerin gizlilik ve güvenliği ile ilgili çeşitli endişeler bulunmaktadır (Khan ve Salah, 2017; Wang vd., 2017). Buna ilişkin çalışmalar yoğun bir şekilde sürmektedir. Amerikan şirketi International Business Machines'in (IBM) bir tuz kristalinden daha küçük bir bilgisayar üretmesi ve bunu da "şifreli damga" (cryptographic anchor) teknolojisini geliştirmek için de kullanmayı planlıyor olması¹ bilginin güvenle korunmasının önemi hususunda bizlere ilham kaynağı olmaktadır. 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adıyla bir kişinin Bitcoin'i ortaya atması, sonrasında blok-zincir kavramının geliştirilmesi ve üzerinde çalışılması da bilgilerin şeffaf, desantralize ve dağıtık bir yapı içerisinde matematiksel kanıtlarla iletilmesine olanak sağlamıştır (Kuo vd., 2017; Sikorski vd., 2017). Blok-zincir modern çağın en önemli gelişmelerinden biri olarak değerlendiriliyor olup Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) dâhil çok çeşitli kuruluşlar sağlık alanında bu teknolojilerin kullanılabilirliği üzerine birtakım araştırma ve projeler yürütmektedir. Sağlık hizmetleri alanında ortaya atılan bu teknolojiler genel olarak birbirini tamamlayan ve sağlık hizmetine ilişkin verinin daha iyi bir şekilde yönetilmesi için potansiyel iyileştirmeler sağlayan teknolojilerdir. Dolayısıyla IoT veya geliştirilen diğer teknolojilerin tek başına kullanılması genel olarak yeterli olmamakta olup geliştirilen bu teknolojilerin birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğu söylenebilir.

Şüphesiz dünyada olduğu gibi Türkiye'de de buna yönelik adımlar atılmaktadır. Buna rağmen, sağlık alanında hizmet sunumu ve finansmanına ilişkin verinin iyi bir şekilde yönetilmesine olanak sağlayan teknolojik alt yapının yeterli olmadığı ifade edilebilir. Sağlık organizasyonlarının kendilerine ait mobil uygulama geliştirmeleri ve online olarak birtakım hizmetler sunmaları elbette ki önemli gelişmeler olarak görülebilir. Buna ek olarak, Türkiye'de e-Nabız kişisel sağlık kaydı sisteminin hayata geçirilmesi ve özendirilmesi bu teknolojilerin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Genel olarak değerlendirmek gerekirse, bu teknolojilerin sunduğu fırsatlardan faydalanılması gerektiği söylenebilir. Zira Demir (2016), daha modern sağlık hizmetleri için modern teknolojilerin sunmuş olduğu fırsatlardan yararlanılması gerektiğini ileri sürmüştür. Bu yönüyle değerlendirildiğinde, Türkiye'de sağlık iletişimi alanında atılan adımlar bulunmaktadır ancak yeterli değildir. Dünyada ya-

1 <http://bilimdili.com/teknoloji/bs/ibm-bir-tuz-kristalinden-daha-kucuk-bilgisayar-uretti> adlı internet adresinden erişim sağlanmıştır.

şanan gelişmelerin takip edilmesi ve geliştirilecek potansiyel işbirlikleri bu teknolojilerin Türkiye’de sunacağı potansiyel fırsatlardan yararlanmada ve önemli kazanımlar elde etmede önemsenmelidir.

2.3. Sağlık Alanında Dinamik Ağlar

Sağlık hizmetleri alanı, oldukça dinamik bir alandır. Farklı nitelikte ve nice-likte profesyonelin bir arada çalışıyor olması, tıpta yaşanan gelişmeler, teknolojiye ve ağ yapılarında ortaya çıkan inovasyonlar sağlık alanını daha da dinamik bir alan haline getirmektedir. Elektronik sağlık, tele-tıp, mobil sağlık, giyilebilir teknolojiler, bağlı sağlık (connected health), bireyselleştirilmiş tıp vb. kavram ve uygulamalar sağlık hizmetleri alanında yaşanan değişim ve dönüşümü gözler önüne sermektedir. Sağlık alanında klinik hizmetlerin kalitesini artırma amacının yanı sıra kronik hastalığı bulunan kişilerin uzaktan izleminin de amaçlanması daha kapsamlı yaklaşımları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle de var olan yeni teknolojilere sürekli olarak yenileri eklenmektedir. Sağlık alanında geliştirilen bu teknolojilerin kullanımı sonucunda son yıllarda sağlık sistemleri içerisinde “büyük veri” konusu gündeme gelmiştir. Sağlık hizmeti sunumuna ilişkin verilerin kullanılarak daha yüksek kalitede sağlık hizmeti sunma ve tanı/teşhis yöntemlerinde iyileştirmeler elde etme ihtiyacı sağlık sistemleri yöneticilerine ve sağlık politikacılarına söz konusu verileri analiz etme, bu verilerden anlamlı örüntüler elde etme ve kanıt dayalı uygulama ve politikalar geliştirmede ilham kaynağı olmaktadır. Büyük veri analitiği, veri madenciliği vb. kavram ve uygulamalar da bu ihtiyacın doğal bir gerekliliği olarak sağlık hizmetleri alanında kendilerine yer edinmiştir. Benzer şekilde özellikle 2008 yılında ortaya atılan Bitcoin teknolojisi ve sonrasında potansiyel kullanımları nedeniyle git gide yaygınlık kazanan blok-zincir teknolojisi sağlık hizmetleri alanında verileri daha etkin yönetme konusunda sağlık sistemi içerisindeki paydaşlara yol gösterici nitelikte olmuştur. MIT’in blok-zincir teknolojisinin kullanılabilirliği ile ilgili yürütüğü Enigma adlı proje son derece önemli bir gelişme olarak değerlendirilebilir (Benhoufi ve Ravaud, 2017). Buna benzer olarak yürütülen çok sayıda proje bulunmaktadır. Anlaşılacağı üzere sağlık hizmetleri alanı, kendine has özelliklerinden dolayı sürekli olarak değişim ve gelişime açık bir alandır. Sosyal ve teknik nitelikte hizmetler olması nedeniyle farklı sektörlerde farklı

amaçlar ile geliştirilen teknolojiler çeşitli uyarlamalar yapılarak sağlık alanında çeşitli amaçlar için kolaylıkla kullanılabilir.

Tele-sağlık, elektronik sağlık, mobil sağlık, giyilebilir teknolojiler, büyük veri, IoT vb. teknolojilerin arkasında yer alan temel faktör veridir. Veri olmadan bu teknolojilerin fonksiyonel olması mümkün değildir. Hastaların temel düzeydeki tıbbi bilgilerinde son derece karmaşık ve çok boyutlu görüntülere kadar tüm bilgiler bu teknolojileri besleyen veri kaynaklarıdır. Dolayısıyla sağlık hizmetleri alanı, büyük verinin olduğu ve bu verilerin analitik bir anlayışla ele alınması gerekli bir alan haline gelmiştir. Büyük veri ile ilgili 3 temel husus bulunmaktadır. Bunlar verinin miktarı (Volume), verinin çeşitliliği (Variety) ve veri bilimcisi veya kullanıcının ne hızla bu verilere erişim sağlayabildiği ve verileri analiz edebildiği (Velocity) ile ilgilidir (Lee, 2017). Buna ilişkin alanda yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ebadati ve Mortazavi (2017), MR görüntüleri yolu ile beyin tümörlerini tespit eden bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Yazarlar çalışmalarında makine öğrenmesi ve örüntü tanımlamaya olanak sağlayan karar vektör makinesini (Support Vector Machine) de kullandıkları metodolojinin bir parçası olarak değerlendirmişlerdir. Dolayısıyla büyük veri ile ortaya atılan kavramların sağlık hizmetleri alanında uygulama alanı bulduğu kolaylıkla söylenebilir.

Akıllı sağlık hizmeti sistemlerinin tasarımı ve oluşturulması sağlık sistemlerinin dikkatini fazlasıyla çekmektedir. Dünyanın ilk sanal bakım merkezi 2015 yılında ABD’de açılan Mercy Virtual’dır. Tele-sağlık hizmetini teknoloji ile birleştiren bu merkez, hastalarına yılın 7 gün ve 24 saatinde ihtiyaç duydukları belli hizmetler vermektedir². Akıllı sağlık hizmeti sistemlerinde tele-sağlık uygulamalarına ek olarak IoT önemli fırsatlar sunmaktadır. Bir akıllı sağlık hizmeti sistemi, akıllı sensörler, serverlar ve bir ağdan oluşmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı ile çok boyutlu izlem ve temel tedavi önerileri verilebilmektedir. Bunun yanı sıra bazı temel gereklilikler yerine getirildiği takdirde akıllı sağlık hizmeti konsepti evde sağlık hizmetleri bağlamında da kullanılabilir (Yin vd., 2016: 7).

Hastaları benzer klinik sunumları olan diğer hastalardan ayıran genetik, biyobelirteç, fenotipik veya psikososyal özellikler temelinde hastaların ihtiyaçla-

2 <http://www.mercyvirtual.net/about> adlı internet adresinden erişilmiştir.

rına yönelik bireysel tedaviler olarak kabul edilen son yıllarda adından çokça söz ettiren kanıta dayalı tıp kavramı, sağlık hizmeti sunumunun kanıta dayalı uygulamalara dayanması anlayışının önemini gün geçtikçe artırmaktadır (Jameson ve Longo, 2015: 2229). Bu idealleri gerçekleştirme yönünde önemli girişimler bulunmaktadır. İntel ve Oregon Sağlık ve Bilim Üniversitesi 2015 yılında kanser araştırmalarını desteklemek üzere işbirliğine dayalı kanser bulutu projesini başlatmışlardır. Bu projenin amacı, kişiye özel medikal bilgilerin bulutta depolanması ve kanser alanında yapılacak çalışmalarda kullanılmasını sağlamaktır. Kanser ile başlayan projenin yanı sıra İntel bu durumu parkinson gibi hastalıklar ile mücadele etmede de kullanmanın gerekli olduğunu ileri sürmüştür (Dimitrov, 2016: 157).

IoT, hızla gelişimini sürdüren bir alandır. 2020 yılına kadar, IoT tabanlı teknolojilerin %40'ının sağlık ile ilgili olacağı ve bu teknolojilerin piyasa değerinin ise yaklaşık olarak 117 milyar doları bulabileceği değerlendirilmektedir. Tıp ve bilgi teknolojileri alanında yaşanan dönüşümü destekleyen medikal informatik gibi bir alanda yaşanan gelişmeler sağlık hizmetlerini daha da dönüştürecek, maliyetleri düşürecek, etkin olmayan uygulamaların önüne geçecek ve daha fazla hayat kurtarabilecektir (Dimitrov, 2016: 156).

2.4. Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir teknolojiler iki farklı bileşenden oluşmaktadır. Bunlar giyilebilir olanlar ve vücut sensörleri olarak belirtilebilir. Giyilebilir olanları, kullanıcının giymiş olduğu herhangi bir teknoloji olarak ifade edilirken vücut sensörleri ise kişiden bazı göstergelere ait verilerin elde edilmesi ve online depolanan bir servera gönderilmesi olarak tanımlanabilir (Peltola, 2017: 9-10). Tehrani ve Andrew (2014) ise giyilebilir teknolojileri, kişinin kıyafetleri veya bazı aksesuarları ile birlikte üzerinde kolayca taşıyabileceği herhangi bir teknoloji olarak ifade etmişlerdir. Giyilebilir teknolojiler sağlık alanında uzun bir süredir kullanılmaktadır. Bu teknolojiler sağlık alanında çok çeşitli amaçlar ile kullanılmakla birlikte bu teknolojilerin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Giyilebilir teknolojiler genellikle belli bir amaca veya hastalığa özgü olarak geliştirilmektedir. Hentschel vd. (2016), dünya nüfusunun yaşlanması ile birlikte sağlık harcamalarının çarpıcı bir şekilde artış gösterdiğini dile getirerek sağlık sistemlerini kronik hastalıkların

ağır yükünden korumada giyilebilir teknolojilerin önemine dikkat çekmişlerdir. Pevnick vd. (2018) kardiyoloji alanında giyilebilir teknolojiler ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Ele aldıkları çalışmalarında bu teknolojilerin kalp hızı, kalp ritmi ve torasik sıvı izleminde uzun süredir kullanıldığını ancak bu teknolojilerin iyileştirilmesi ve geliştirilmeye ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir.

Giyilebilir teknolojilerin yaygınlığı ve kullanımı yıldan yıla önemli ölçüde artış göstermektedir. 2017 yılında kullanılan giyilebilir cihaz sayısı 453 milyon iken 2018 yılında 593 milyon ve 2020 yılında 835 milyona varacağı tahmin edilmektedir³. Tıbbi amaçlı kullanılan IoT tabanlı cihaz sayısı 2017 yılında dünya genelinde 56,5 milyon olarak gerçekleşirken yapılan projeksiyonlar 2018 yılında bu cihazların sayısının yaklaşık olarak 125,4 milyon olacağını göstermektedir⁴.

2.5. Hasta Merkezli Yapıya Doğru Evrim

Geleneksel anlayışta sağlık hizmetlerinin sunumunda sağlık profesyoneli ve özellikle de hekimlerin büyük otonomisi bulunmaktadır. Sağlık profesyonelleri karşısında bilgisiz ve pasif halde bulunan hasta, 21. yy'da oldukça bilgili ve sağlık durumuna ilişkin verilen kararlarda oldukça aktif bir rol almaya başlamıştır. Teknolojik gelişmeler, internet olanaklarının gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte bilgiye erişim kolaylaşmıştır (Qi vd., 2017). Bunun yanı sıra insanların eğitim ve gelir düzeyinde yaşanan iyileşmeler şüphesiz bu durumda önemli etkiye sahiptir. Zira Andersen, sağlık hizmetinin kullanımı ile ilgili ortaya attığı “davranışsal modeli” ile söz konusu durumu özetlemiştir. Andersen’in davranışsal modeline göre, sağlık hizmetinin kullanımı çok sayıda faktöre bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Bir başka anlatımla, sağlık hizmetinin kullanımı çok sayıda faktörün bir fonksiyonudur (Andersen, 1995: 2). Genel durum böyle iken günümüz modern sonrası dönemde dahi insanların sosyo-ekonomik düzeyleri sunulan sağlık hizmetinin başarısını etkileyebilmektedir. Buna ilişkin yapılan bir çalışmada bu durum ortaya konmuştur. Çalışmaya göre, sosyo-ekonomik düzeyi daha iyi olan hastaların hekimler ile daha et-

3 <https://www.statista.com/statistics/487291/global-connected-wearable-devices> adlı internet adresi kullanılmıştır.

4 <https://www.statista.com/statistics/789615/worldwide-connected-iot-devices-by-type> adlı internet adresi kullanılarak erişilmiştir.

kili bir iletişim kurabildiği ve kendi sağlığına ilişkin kararlara daha aktif bir şekilde katılım gösterdiği ileri sürülmüştür (Willems vd., 2005). 20. yy'ın en etkili sosyologlarından Michel Foucault'un bu konu ile ilgili sözü oldukça dikkate değerdir. Zira Foucault'a göre, hekimler sağlık hizmeti sunumunda bir araçtır ve tıp en sonunda olması gereken şey, bir diğer anlatımla doğal ve toplumsal insanın bilgisi haline gelecektir (Foucault, 2002: 56-59). Tailor'ın (2016) çalışması da yaşanan evrimi açık bir şekilde gözler önüne sermektedir. Tailor, geleneksel anlayışta hekimin sağlık hizmetlerinin merkezinde yer aldığını ancak günümüzde bu anlayışın değiştiğini ifade ederek hastaların sağlık hizmeti sunumunun temel odağında yer aldığını belirtmiştir. Kıdak vd.'nin (2017) yürüttükleri çalışmada ise genel olarak sağlık alanında yayımlanan bilimsel makalelerin büyük çoğunluğunun hasta temalı olduğu vurgulanmıştır.

2.6. Sağlık Alanında Potansiyel Uygulamalar

IoT'un belki de dikkatleri üzerine çeken en önemli alanlardan biri şüphesiz sağlık hizmetleri alanıdır. IoT, sağlık hizmetleri alanında uzaktan sağlık izlemi, fitness programları, kronik hastalık ve yaşlı bakımı gibi hususlarda çoğu medikal uygulamanın geliştirilmesine ön ayak olmuştur. Sağlık hizmetlerinin sağlık tesisinde sunulması için kullanılmasının yanı sıra evde sağlık hizmetleri açısından da potansiyel fırsatlar barındırmaktadır (Yılmaz vd., 2010). Evde tıbbi bakım ve tedavinin uygulanması IoT'un bir diğer önemli potansiyeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yüzden, sağlık hizmetleri alanında kullanılan çeşitli medikal cihazlar, sensörler, diyagnostik ve görüntüleme cihazları birer akıllı nesne olarak değerlendirilmektedir. IoT tabanlı sağlık hizmetleri, bahsedilen bu özelliklerinden dolayı maliyetleri düşürme, hastaların yaşam kalitesini artırma ve kullanıcı deneyimini zenginleştirme gibi önemli fırsatlar sunmaktadır. Sağlık hizmet sunucusu perspektifi ile duruma bakıldığında, IoT tabanlı sağlık hizmeti sunumunun kaynakların teknik olarak daha verimli kullanılmasına olanak sağladığı ve aynı kaynaklar kullanılarak daha fazla sayıda hastaya hizmet sunulabileceği değerlendirilmiştir (Islam vd., 2015: 678).

IoT'un ülkelere sunabileceği potansiyel kazanımlar inkâr edilemez. Buna karşın, bu teknolojilerin her ülkede benimsenmesi ve kullanılması çaba gerektirmektedir. Bu durumun daha da fazla önemsendiği gelişmekte olan ülkelerde teknolojik alt yapının yetersiz olması, gizlilik ve güvenlik problemleri ve in-

ternet bağlantısındaki yetersizlikler vb. faktörler bu teknolojilerin kullanımı ve yaygınlaşması önünde önemli bariyerlerdir. Dolayısıyla ülkelerin bu teknolojilerin sunduğu fırsatlardan yararlanmaları bu alana harcanacak enerjiden ve yapılacak yatırımlardan geçmektedir (Samaniego ve Deters, 2016; Saarikko vd., 2017).

Çalışmamızda IoT ile ilgili literatür farklı bir yaklaşımla incelenmeye çalışılmıştır. Web of Science veri tabanı kullanılarak konuya ilişkin 6859 İngilizce makale elde edilmiş olup, CiteSpace (Chen, 2006) yazılımı kullanılarak bu alanda öne çıkan veya en çok atıf alan yazarların kim/kimler olduğu ve alanın bilimsel yapısının nasıl olduğu veya hangi yöne doğru evrildiği ortaya konmaya çalışılmıştır⁵. Yapılan analiz neticesinde elde edilen bulgular aşağıda Şekil 2’de sunulmuştur. Şekil 2, yıllara göre IoT alanında en çok atıf alan yazarları ve yazarların ele aldıkları bilimsel çalışmaların merkezinde yer alan anahtar kelimelerin hangileri olduğunu açıkça göstermektedir. 2008 yılı ile birlikte başlayan ve 2016 yılına kadar yayınlanan çalışmalar atıf almada daha merkezi konumda olup söz konusu çalışmaların merkezinde yer alan anahtar kelime “iot device” veya bir başka anlatımla “nesnelerin interneti cihazları”dır. Dolayısıyla da ilk yatay ekseninde yer alan bilimsel yayınların IoT alanının gelişiminde önemli rolü bulunduğu söylenebilir. Buna benzer şekilde IoT alanında yer alan diğer yazarlar ve anahtar kelimelerin gelişimlerinin günümüze doğru nasıl bir evrim geçirmiş olduğu yıllar bağlamında kolaylıkla izlenebilmektedir.

5 WoS veri tabanında gelişmiş arama (advanced search feature) özelliği kullanılarak “internet of things” anahtar kelimesi ile arama yapılmıştır. İngilizce makale olma özelliği dışında herhangi bir kısıtlama kriteri kullanılmamıştır. Arama neticesinde elde edilen toplam makale sayısı 6859’dur. CiteSpace yazılımı kullanılarak en çok atıf alan yazarların kimler olduğu ve bu çalışmaların merkezinde yer alan anahtar kelimelerin hangisi/hangileri olduğu yıllara göre oluşturulan grafiklerde detaylı olarak gösterilmiştir. Veriler 3.4.2018 tarihinde elde edilmiştir.

3. TİP 2 DİYABET

3.1. Kavramsal Tanım

Yediklerimizin çoğu, vücudumuzun enerji olarak kullanması için basit bir şeker olan glukozu dönüştürmektedir. Midenin yakınında bulunan bir organ olan pankreas, glukozun vücudumuzun hücrelerine girmesine yardımcı olan insülin adı verilen bir hormon üretir. Bir kişi diyabetli olduğunda, vücut ya yeterli insülin üretemez ya da üretilen bu insülini kullanamaz. Bu durum şekerin kanda birikmesine neden olur⁶.

İnsülin, pankreas denilen organ aracılığıyla B hücrelerinden salgılanan bir hormondur. İnsülin hormonunun salgılanması kan şekeri düzeyini belirlemektedir. İnsülin az salgılandığında veya salgılanmadığı durumlarda kandaki şeker hücreler tarafından alınarak doku ve kaslar aracılığıyla hiçbir şekilde enerji olarak kullanılamaz. Ortaya çıkan olumsuz durum kişinin sağlığını son derece olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. İnsülin hormonunun yeterince salgılanmadığı durumda kandaki şeker düzeyi yükselir ve bu durum diyabet hastalığının gelişimine zemin hazırlar. Bir başka ifade ile diyabet, vücutta pankreas adlı salgı bezinin yeterli miktarda insülin hormonu üretmemesi ya da ürettiği insülin hormonunun etkili bir şekilde kullanılamaması durumunda gelişen ve ömür boyu süren bir hastalıktır (Polonsky, 2012: 1334).

Diyabet iki farklı şekilde gelişmektedir. Bunların biri insülin direnci iken diğeri ise insülin hormonunun yeterince salgılanmaması durumu olarak kabul edilmektedir. İnsülin hormonunun pankreas tarafından salgılanmaması veya yeterince salgılanmaması durumunda kandaki glukoz düzeyi yükselir ve hücre içerisine glukoz giremez; bundan dolayı da hücre enerji üretemez hale gelmektedir. Doku ve organlar glukozu kullanamadığı için enerji sağlayamazlar. Bu durum insülin direnci olarak karakterize edilmektedir⁷. B hücrelerinin deformatsiyonu sonucunda ise insülin hormonunun salgılanmaması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu durum diyabetin ileriki evresinde görülmektedir (Rawshani vd., 2017).

6 <https://www.medicalnewstoday.com/articles/282929.php> adlı internet adresinden ulaşılmıştır.

7 <http://www.diabetes.org/diabetes-basics/type-2/?loc=db-slabnav> adlı internet adresinden erişim sağlanmıştır.

3.2. Tip 2 Diyabet Belirtileri ve Tanısı

Tip 2 diyabetin poliüri (sık idrara çıkma), polidipsi (çok su içme), polifaji (çok yemek yeme), ağız kuruluğu, kilo kaybı ve yorgunluk gibi belirtileri bulunmaktadır. Diyabet hastalığının tanısı çeşitli laboratuvar bulgularına dayanmaktadır. Türkiye’de hekimler, hastalara diyabet tanısı koymada Türk Diyabet Derneği’nin diyabet tanısı kriterlerini esas almaktadır. Hastanın 8 saat ve üzeri açlık durumunda hastaneye başvurması durumunda kan şekeri düzeyi 126 mg/dl ve üzerinde ise bu hasta Aşikar Diabetes Mellitus (Aşikar DM) hastası olarak değerlendirilmektedir. Hastaya 75 gram glukoz verildiğinde ikinci saat sonunda elde edilen değer 200 mg/dl üzerinde ise bu bulgu diyabet tanısı için yeterli olmaktadır. Kişi hastaneye rastgele olarak başvurduğunda kandaki glukoz değeri ve ayrıca hastada diyabet semptomlarının eşlik etmesiyle hastaya diyabet tanısı konulmaktadır. Diyabet tanısının konmasında 200 mg/dl ve üzeri eşik değer olarak kabul edilmektedir. Hemogloblin A1C, son 3 ay içerisindeki kan şekeri düzeyindeki değişimi göstermektedir. Bu oran %6.5 ve üzerinde ise diğer yöntemler ile birlikte diyabet tanısı olup olmadığına karar verilmektedir. Hemogloblin A1C, diğer 3 yöntem ile birlikte sürekli olarak diyabet tanısı koymada kullanılan bir göstergedir (Inzucchi, 2012: 547). Dolayısıyla genel olarak ifade etmek gerekirse diyabet tanısı koymada farklı yöntemler bulunmaktadır ve bu yöntemlerin kullanılma durumu hekimin inisiyatifine göre değişim gösterebilmektedir.

3.3. Tip 2 Diyabet Komplikasyonları

Tip 2 diyabet, komplikasyonları bağlamında da ciddi bir sağlık problemidir. Koroner arter hastalığı, hipertansiyon, böbrek yetmezliği, körlük, kolesterol ve diyabetik ayak söz konusu komplikasyonların sadece birkaçını oluşturmaktadır. Kandaki glukoz düzeyinin yükselmesi ile birlikte sinir uçlarında daha fazla glukoz birikir ve bunun sonucunda da sinirlerde tahribata yol açar. Tahrip olan sinirler hastada ekstremitelerde hissizlik, sıcaklık ve soğukluk kaybı, duyu azlığı, ayaklarda yanma, terleme vb. durumlara neden olmaktadır. Hissizliğin yaşandığı ekstremitelerde yaralanmalar neticesinde ortaya çıkan iyileşme süresi uzun bir süreye yayılan yaralara neden olmaktadır. Bu durum hastanın tedavi sürecini çok fazla uzatmaktadır. Diyabetik ayak bunun tipik örneği olarak değerlendirilebilir (Avila ve Errecalde, 2018).

Glukozun beyin hücreleri tarafından enerji olarak kullanılmaması, hastada sürekli açlık hissine, yorgunluk ve halsizliğe, çok su içme ve sık idrara çıkma, dikkat dağınıklığına neden olmaktadır. Hasta sürekli olarak kendini aç hissetmektedir ve yeme ihtiyacı içerisinde bulunmaktadır. Bu durumda hastada kolesterol, obezite ve görme bozukluğu gibi komplikasyonlara yol açmaktadır. Glukoz düzeyinin yüksekliğine bağlı olarak böbreklerde sodyum tutulumunun olması, böbrek fonksiyonlarının bozulmasına, hipertansiyona ve ileriki evrede böbrek yetmezliğine neden olmaktadır.

Merkezi sinir sistemi, enerji kaynağı olarak sadece glukozu kullanmakta olup kandaki glukoz düzeyinde gelişecek değişimler sinir sisteminin işleyişine zarar verebilmektedir. Kana glukoz sağlanmasının azalması veya kan glukozunun kullanımında yaşanan artış sonucunda ise hipoglisemi durumu ortaya çıkabilmektedir (Altın, 2017: 181-182).

Hiperlipidemi, böbreklerin yeterli düzeyde fonksiyon görememesi, karaciğer yağlanması ve hastanın yaşı, kilosu, cinsiyeti, kullandığı ilaçlar gibi faktörler koroner arter hastalığının gelişimini hızlandırmaktadır. Kandaki glukoz düzeyinin yüksek seyretmesi, damar vasküleritesini, elastikiyetini ve yapısını bozmaktadır ve koroner kalp hastalığını tetiklemektedir. Koroner kalp hastalığı hipertansiyon, enfarktüs, kalp yetmezliği, iskemik kalp hastalığı, anevrizma, aort rüptürü vb. olumsuz durumlara yol açabilmektedir (Avila ve Errecalde, 2018: 298). Bu durumlar hastanın daha çok sağlık hizmeti kullanmasına sebebiyet vermesiyle sağlık sistemleri üzerinde daha fazla yük oluşturmaktadır ve hastanın yaşam kalitesi önemli ölçüde olumsuz etkilenmektedir. Hastanın hastanede yatış süresini ve tedavi sürecini çarpıcı bir şekilde artırmaktadır. Gelişen bu durumlar hastaların finanse edebilecekleri ölçünün üzerinde sağlık harcamaları yapmalarına ve çoğu zaman da katastrofik sağlık harcamalarına maruz kalmalarına neden olabilmektedir (Demir vd., 2017).

Tip 2 diyabet hastaları, sürekli olarak izlenmesi gerekli hasta grubunu oluşturmaktadır. Bu hastaların izlenmemesi veya yetersiz düzeyde izlenmesi hastanın sürekli olarak hastaneye başvurmasına ve gereksiz hasta yatışlarına yol açabilmektedir. Hastaneye yatan kişinin sağlık durumu zaten iyi durumda olmayıp hastanede yatış süresi boyunca hastanın maruz kaldığı stres faktörleri, yeme-içme davranışlarının değişmesi sonucu ortaya çıkabilecek fizyolojik değişimler ve bağışıklık sistemi bozuklukları, hastanedeki gürültü, hava sıcaklığı

ğı, gelişen ani olayların hastada taşikardi yapma ihtimali vb. faktörler taburcu sonrasında diyabet hastasının tekrar hastaneye yatmasına etki eden faktörlerden yalnızca birkaçıdır. Bu durum hastane sonrası sendrom (post-hospital syndrome) olarak ifade edilmektedir (Krumholz, 2013). Taburcu işlemleri sonrasında 30 gün içerisinde hastaneye tekrar başvurmak zorunda kalan hastanın yaşam kalitesi olumsuz etkilenebilmektedir ve ayrıca sağlık sistemi üzerinde önemli ölçüde yük oluşturmaktadır. Dolayısıyla tip 2 diyabet hastaları içerisinden hastaneye yatışı yapılan hastaların kaldıkları odaların sendrom gelişme riski açısından dikkatli bir şekilde değerlendirilmeleri gerekmektedir. Zira son yıllarda kardiyovasküler hastalıklar ve yaşlı bakımı hizmetleri hastalarına ilişkin sendrom gelişme riskini minimize etmek için çeşitli önlemler alındığı bilinmektedir (Dharmarajan vd., 2013). Bu tür faaliyetlerin temel amacı, kişinin zengin bir deneyim elde etmesi ve belli bir tatmin düzeyi ile hastaneden ayrılmalarının sağlanmasıdır. Buna ilişkin araştırma bulguları da oldukça dikkate değerdir. Zira Deshwal ve Bhuyan (2018) kanser hastalarının hastane içerisinde yaşadıkları deneyimin sağlık hizmeti sunumundan elde ettikleri tatmin düzeyleri üzerinde önemli düzeyde etki sahibi olduğunu saptamışlardır.

3.4. Tip 2 Diyabette Sürekli İzlemin Önemi ve Elde Edilecek Kazanımlar

Glukoz ölçümünün sıklığı hastaya göre belirlenmektedir. Diyabeti olanlar, gebeler, insülin pompası kullananlar ve kontrolsüz tip 2 diyabete sahip olanlarda günde 3-4 kez ölçüm yapılır. Bunların dışında kalan diyabetlilerde ise haftada 3-4 kez ölçüm yapılmaktadır. Hastanın glukoz seviyesinde sürekli olarak iniş-çıkış yaşanmıyor ve glukoz seviyesi sabit değerler arasında değişiyorsa haftada 3-4 ölçüm yeterlidir. Tip 2 diyabet hastaları açlık durumunda ve öğün öncesinde mutlaka kan şekerini ölçmek zorundadır. Tip 2 diyabet hastaları, sürekli olarak izlenmelidir. Glukoz değeri 70 mg/dl altına düştüğünde dokulara besin ve oksijen gidemez bu nedenle de hasta hayatını kaybedebilmektedir. Glukoz değeri 500 mg/dl üzerine çıktığında hasta komaya girebilmektedir ve hastada geri dönüşü olmayan hasarlar (beyin, böbrek, göz vb.) oluşabilmektedir. Hastanın açlık glukoz değeri 70 mg/dl altında olmalıdır. Tokluk glukoz değeri ise yemekten 2 saat sonrası için 140mg/dl altında olması beklenir. Özellikle açlık durumunda glukoz değeri 70 mg/dl altına düştüğünde hastanın bilinci kaybolur ve hastaya acil müdahale edilmezse hasta

kaybedilir. Hastanın açlık glukoz değerinin sürekli olarak 70 mg/dl altına düşüyor olması, insülin dozunda ayarlama yapmayı gerektirmektedir. Bu durum hastaya verilen insülin dozunun fazla olduğunu göstermektedir. Glukoz değeri 500 mg/dl üzerine çıkıyorsa insülin dozunun yeterli olmadığı kabul edilir. Bu nedenle doktor, hastanın sağlık durumunu korumak için insülin dozunda sürekli olarak bir ayarlama yapma yoluna gitmektedir.

Hastanın diyeti ve insülin izlemi doktor gözetiminde yapıldığı takdirde hastada oluşabilecek muhtemel komplikasyonlar azalır, yaşam kalitesi artar ve hastayı kontrol altında tutma hastanın sağlıklı davranış (diyet, egzersiz vb.) geliştirmesine katkı sağlar. Dolayısıyla tip 2 diyabet hastalarının sürekli izlenmesi ve kontrol altında tutulması gerekmektedir. Böylece hasta sürekli olarak hipoglisemi veya hiperglisemi vakasıyla acil olarak hastaneye başvurmayacak, sadece gerektiğinde hastaneye başvuru ile gerekli kontrollerini yapma yoluna gidecektir. Sürekli izlem neticesinde elde edilecek kazanım, hastanın tüm bu iyileştirmeler sonucunda hastalığı ile birlikte komplikasyonsuz yaşamasının sağlanmasıdır (Caduff vd., 2006; Yin vd., 2016; Avila ve Errecalde, 2018).

3.5. Tip 2 Diyabet ve Yaşam Kalitesi

Tip 2 diyabet, vücudun kan şekerini dikkatli bir şekilde kontrol edemediği ve anormal derecede yüksek kan şekeri seviyelerine (hiperglisemi) yol açan bir hastalıktır. Sürekli yükselen kan şekeri, sinirler, kan damarları ve gözlerdeki dokular da dâhil olmak üzere vücudun dokularına zarar verebilir⁸. Tip 2 diyabetin hastanın yaşamını herhangi bir şekilde etkilediği genel olarak ifade edilmektedir. Hastada sadece tip 2 diyabetin bulunması bile gerekli müdahaleler yapılmadığı takdirde hastanın durumunun kötüleşmesine tek başına sebebiyet verebilmektedir. Tip 2 diyabete ek olarak hastada diğer kronik hastalıklardan en azından birinin varlığı hastanın sağlığını daha kötü bir şekilde etkileyebilmektedir. Tip 2 diyabete ek olarak hastada obezite, hipertansiyon, hiperlipidemi durumunun eşlik etmesiyle metabolik sendrom gelişebilmektedir, hastanın yaşam kalitesi olumsuz etkilenmektedir ve ileriki dönemde gelişebilecek muhtemel nefropati, sinir sistemi hastalıkları, koroner arter hastalığı, multiple organ yetmezliği ve benzeri komplikasyonlara yol açmaktadır. Gelişen bu durumlar hastanın yaşam kalitesini çok boyutlu olarak etkilemektedir. Hastanın

8 <https://www.medicalnewstoday.com/articles/282929.php> adlı internet sitesi kullanılarak erişilmiştir.

git gide bozulan sağlığının yanı sıra ortaya çıkan diğer hastalıkların hastaya yüklediği maddi ve manevi yükler hastanın yaşam kalitesi ve refahını önemli lde azaltabilmektedir. Yaşam kalitesi (quality of life), kavramı bu noktada oldukça önemli bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Yaşam kalitesinden kastedilen nedir, bir kişinin herhangi bir hastalığının olmayışı mı ya da başka bir Şey midir? Bu kavram ile ilgili çalışmaların Amerikalı ekonomistler Samuel Ordway (1953) ve Fairfield Osborn'un (1954) yaptıkları çalışmalar ile ortaya atıldığı ifade edilmektedir. 1940'lı yıllar ile birlikte savaş sonrası dönemde yeni ilaç ve tedavi yöntemlerinin gelişimi ile insanlar artık hastalıkları ile birlikte yaşar duruma gelmeye başlamıştır (Snoek vd., 2000). Buna paralel olarak, geliştirilen bu ilaç ve tedavi yöntemlerinin insanların yaşam kalitesini ne düzeyde etkilediğine yönelik araştırmalara ihtiyaç duyulmuştur. 1976 yılı öncesinde yaşam kalitesi kavramı Index Medicus veri tabanına dâhil edilmiştir ve 2000'li yıllara kadar diyabetik nüfusta yaşam kalitesi ile ilgili yaklaşık olarak 300 makale yayınlanmıştır (Trikkalinou vd., 2017: 122). Dünya Sağlık rgt 1997 yayınladığı raporda, yaşam kalitesini sağlık ve sağlık hizmetlerinin etkisini ölçmeye olanak sağlayan bir araç olmasının yanı sıra iyilik halinin bir göstergesi olarak ifade etmiştir. Dolayısıyla hastaların kendi sağlık durumlarını kendi algıları ile değerlendirmeye olanak sağlaması açısından yaşam kalitesi ölçmeleri oldukça önemlidir. Yaşam kalitesini lme amacıyla çok sayıda psikometrik ölüm araçları geliştirilmiştir. PROM (Patient Reported Outcome Measurement) olarak ifade edilen ölümler bunların en yaygın Şekilde kullanılanları arasında yer almaktadır. PROM'ların sayısı oldukça fazla olup buna ilişkin ölüm araçları geliştirilmeye devam etmektedir (Garratt vd., 2002). Kısa Form 36 (SF-36), Hastalık Etki Profili (Bergner vd., 1981), Nottingham Sağlık Profili (Hunt vd., 1985) ve Dartmouth Birinci Basamak Sağlık Bilgi Projesi (Coop) Őemaları (Nelson vd., 1990) bunların en yaygın olanlarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, EuroQol (EQ-5D) ise Avrupa'da en çok kullanılan araçtır (Brooks, 1996). PROM'lar genel ve jenerik olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Genel nitelikteki ölüm araçları, kişilerin genel sağlık durumu ile ilgili ölümleri yapmayı hedeflerken jenerik ölüm araçları ise daha çok belli bir hastalığa özgü kişinin yaşam kalitesini ölçmeye çalışmaktadır. Tip 2 diyabet hastalarının yaşam kalitelerinin ne düzeyde olduğu ile ilgili gerek genel, gerekse de jenerik ölüm araçları ile çeşitli ölümler yapılmalıdır. Hastaların kendi sağlık durumlarını rapor ettikleri yarı-objektif ölümler

tip 2 diyabet hastalığı ile ilgili geliştirilecek politikalarda önemsenmelidir. Zira Idler ve Benyamini'nin (1997) belirttiği üzere, kişilerin kendi sağlıklarını değerlendirdikleri öz-değerlendirme raporları kişilerin sağlık statüsünün ne düzeyde olduğu ve sağlık sistemlerince arzu edilen sağlık sonuçlarının elde edilip edilmediğini ortaya koymada paha biçilemez kaynaklar niteliğindedir.

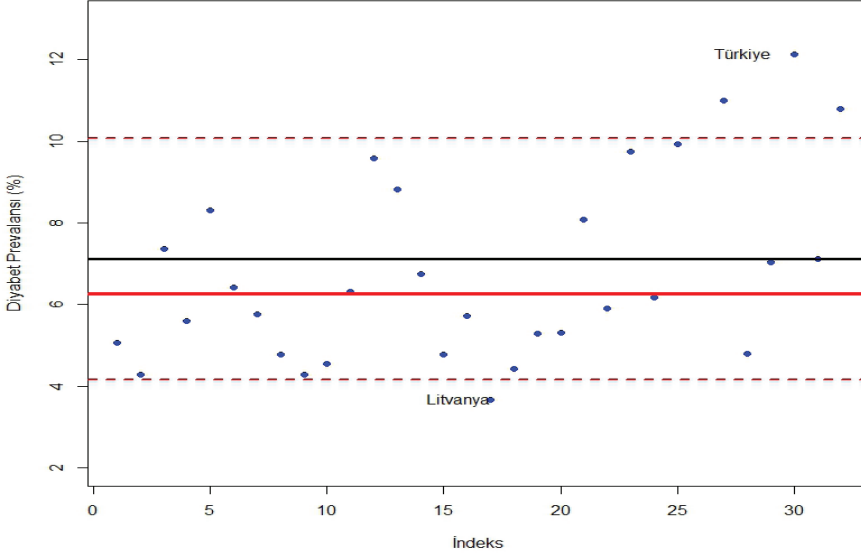
3.6. Dünyada ve Türkiye'de Durum

Diyabet, 21. yy'de değişen ve dönüşen yaşam anlayışına/tarzına bağlı bir hastalık olarak ortaya çıkmıştır ve dünya genelindeki prevalansı hızlı bir şekilde artış göstermiştir. Küresel düzeyde değerlendirildiğinde, yaşa ayarlı diyabet prevalansı 1980 yılında %4.3 iken 2014 yılında bu oran %9 olarak yükselmiştir (NCDRF Collaboration, 2016). Değişen ve gelişen teknoloji ile birlikte daha fazla yaygınlaşan hareketsiz yaşam, stres faktörlerinin gittikçe artış göstermesi ve bununla ilişkili olarak hızlı beslenme yani “fast food” kültürünün oluşması diyabet hastalığının artışı tetikleyen unsurlardır. Diyabet, dünya genelinde önemli bir sağlık problemi olarak varlığını sürdürmektedir. Avrupa Birliği'nde (AB) yaklaşık 30 milyon insan kronik diyabet hastası olduğu bildirilmiştir. Bu durum 2014 yılı içerisinde AB'de 15 yaş ve üstü nüfusun %6,9'unu temsil etmektedir. Cinsiyete göre değerlendirildiğinde, AB'de erkekler ve kadınlar arasında diyabet hastalığına ilişkin sistematik bir farklılık gözlenmemektedir. Diyabet hastalığı, AB'de yaşa göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Daha ileri bir yaşta olmak diyabet hastası olma riskini artırmaktadır. 65 ve 74 yaş grubundaki kişilerin yaklaşık olarak %16'sı diyabet hastası olduklarını rapor etmişlerdir. Buna karşın, 45 yaş ve daha alt gruplarda ise bu oran yaklaşık olarak %2 olarak gerçekleşmiştir⁹. Amerika Birleşik Devletleri'nde diyabet prevalansı 2017 yılı için 20-79 yaş nüfusu içerisinde %10.79, Birleşik Krallıkta %4.28, Kanada'da %7.4, Çin'de %9.7, Danimarka'da %6.4 iken Türkiye'de bu oran %12.13 olarak gerçekleşmiştir (World Bank, 2018). AB ülkeleri ve Türkiye'nin diyabet prevalansı aşağıda sunulan Şekil 4'te detaylı olarak izlenebilmektedir¹⁰.

9 <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/EDN-20171113-1?inheritRedirect=true> adlı internet adresi kullanılarak elde edilmiştir.

10 R programı kullanılarak oluşturulan Şekil 4'te yer alan kırmızı çizgi medyanı, siyah çizgi ortalamayı ve kırmızı kesikli çizgiler ise 1 standart sapma sınırlarını göstermektedir.

Şekil 4. AB Ülkeleri ve Türkiye’de Diyabet Prevalansı (20-79 Yaş Aralığındaki Nüfus (%))



Diyabet prevalansında Türkiye, AB ortalamasının üzerindedir. AB’de yaklaşık olarak %6 civarında seyreden diyabet prevalansı Türkiye’de %12’nin üzerindedir. İsveç, Norveç, Danimarka ve Finlandiya gibi ülkelerde ise diyabet prevalansı yaklaşık olarak %5 veya %6 civarında seyretmektedir. Dolayısıyla Türkiye’nin diyabet profilini diğer ülkelere göre değerlendirmek gerekirse bu hastalığın Türkiye’de iyileştirmeye yönelik birtakım girişimlere daha fazla ihtiyaç duyulduğu söylenebilir. Şüphesiz Türkiye’nin diyabet prevalansını etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Yaşam tarzı kapsamında değerlendirilen yeme-içme alışkanlıkları, genetik yatkınlık, değişen ve gelişen teknoloji, hareketsiz bir yaşam, spor yapma kültürünün toplumda oluşmaması, stres faktörlerinin artışına bağlı olarak daha yüksek stres düzeyine sahip olma ve hızlı bir şekilde yaygınlık gösteren fast food kültürünün bu durumda etkili olduğu söylenebilir.

Diyabet hastalığı, pek çok hastalık ve sakatlık ile ilişkilendirilmektedir. İskemik kalp hastalığı, böbrek hastalığı, görme bozuklukları, periferik arter hastalıkları, periferik nöropati ve bilişsel bozukluklar bunların bazılarını oluşturmaktadır (Engelgau vd., 2004). Diyabet aynı zamanda ölüm ile de ilişkilendirilmektedir.

dirilmektedir. 2017 yılı itibariyle diyabet ABD’de ölüm nedenleri içerisinde yedinci sırada gelmektedir ve bir yıl içerisinde binlerce insanın ölümüne yol açmaktadır (Saydah, 2011).

Diyabet hastalığı ile ilgili Diyabeti Önleme Programı (Diabetes Prevention Program) dikkate değer bulgular sunmaktadır. Bu programın temel amacı, diyabete etki eden faktörleri saptamak yolu ile risk faktörlerini azaltmak ve kişileri diyabetten ve diyabetin beraberinde getirmiş olduğu komplikasyonlardan korumak böylece daha sağlıklı bir yaşam sürmelerine katkı sağlamaktadır. Bu programın kapsamına büyük bir kitleyi temsil eden diyabet açısından yüksek risk grubundakiler dâhil edilmiştir. Programdan elde edilen bulgular, kişilerin yaşam tarzının diyabet hastalığına yakalanıp yakalanmamada çok önemli bir risk faktörü olduğu değerlendirilmiştir. Kişilerin fazla kilolarından kurtulmasına ek olarak düzenli fiziksel egzersizler yapmaları, diyabet hastalığının önüne geçilmesinde önemli kazanımlar sağladığı saptanmıştır¹¹.

Dünya geneline baktığımızda yaşlı nüfusunun artış göstermesiyle birlikte ortaya çıkan bir başka kavram evde sağlık hizmetleridir. Sağlık hizmetlerinin hastaneler ve çeşitli organizasyonlardan evlere taşınması yönünde dünya genelinde eğilim bulunmaktadır. Evde sağlık hizmetleri, hastaya kendi evinde veya doğal ortamında sunulacak sağlık hizmetleri kapsamaktadır (Yin vd., 2016: 4). Bu hastalar genel olarak kronik hastalığı olan hastalardır ve bu hastaların yaşlı olmaları durumu daha da önemli kılmaktadır. Bu hastaların özellikle de ciddi hastalıkları varsa bunların izlemi kritik öneme sahiptir. Bu hastaların vital bulgularının sürekli izlemi hastanın yaşam kalitesine olumlu yönde katkı sağlayabilir. Bu amaçla IoT teknolojisi oldukça önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde teknik birtakım problemler barındırmasına rağmen bu teknolojilerin potansiyel uygulamaları bulunmaktadır.

11 <https://www.niddk.nih.gov/about-niddk/research-areas/diabetes/diabetes-prevention-program-dpp> adlı internet adresi kullanılarak erişilmiştir.

4. KONUYA İLİŞKİN LİTERATÜR

4.1. Tip 2 Diyabet İzlemi ile İlgili Ne Tür Çalışmalar Bulunmaktadır?

Diyabet hastalığı nedeniyle hastaların glukoz değerlerinin izlemi ve kontrolü sağlık alanında geniş kabul görmektedir. Hastanın oluşması muhtemel komplikasyonlardan korunması ve daha kaliteli bir yaşam sürmesinde bu durum önemsenmektedir. Diyabetli hastaların glukoz düzeylerinin sürekli olarak izlenmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların büyük çoğunluğu glukoz değerlerinin geleneksel yolla yani IoT tabanlı olmayan yollarla izlenmesine dayanmaktadır. Murakami vd. (2006) önerdikleri sistemde glukoz izlemine olanak sağlamışlardır. Bu sistemde, sensörler aracılığı ile hastalardan ölçümlere ilişkin glukoz değerleri günde 4 defa olmak üzere elde edilmekte ve hastane bilgi sistemine kaydedilmektedir. Doktor, hastane bilgi sistemini kullanarak hastanın glukoz değerlerini izleyebilmektedir. Ali vd. (2011) bluetooth tabanlı glukoz izlem sistemi önermişlerdir. Glukoz verisi, hastanın kullandığı cihaz ile kişisel dijital asistanlara (Personal Digital Assistant) aktarılmaktadır ve böylece doktorun değerlendirilmesine sunulmaktadır. Lucisano vd. (2016) uzun dönemde diyabet hastalarının izlemine olanak sağlayan bir sistem ve model önermişlerdir. Vücudun içerisinde bulunan bu sensör, glukoz verisini her iki dakikada bir dış alıcıya göndermektedir. Sistem, diyabetin uzun dönemde izlenmesine bu yönüyle önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Menon vd. (2013) glukoz ölçümünün invazif olmayan bir şekilde yapılmasına olanak sağlayan bir sistem önermişlerdir. Hastadan alınan glukoz ölçümleri kullanılan uygulama ile verilerin analiz edildiği merkezi bilgisayara gönderilmektedir. Buna ek olarak, IoT'a dayalı olarak geliştirilen izlem yöntemleri de bulunmaktadır. Yapılan bir başka çalışmada, tip 2 diyabet hastalığına özgü bir izlem sistemi önerilmiştir. Geliştirilen sistem, diyabeti kontrol etmeye yönelik etkili kararlar üretebilmekte ve kişinin gelecekteki glukoz düzeyini tahmin edebilmektedir. Elde edilen glukoz değerleri sağlık çalışanı tarafından uzaktan bir şekilde geniş alan ağları kullanılarak değerlendirilmektedir (Wang ve Kang, 2012).

Diyabet hastalığının izlemi ve kontrolüne ilişkin olarak geliştirilen sistem ve uygulamaların bazıları gerçek zamanlı veri yönetimine olanak sağlamamakta iken bazıları ise teknik bazı verimsizlikler nedeniyle kullanılmalarında prob-

lemler oluşabilmektedir. Gia vd. (2017), ele aldıkları çalışmalarında bu durumu detaylı olarak aktarmış olup verilerin gerçek zamanlı yönetimine olanak sağlayan ve teknik verimsizlikleri de geliştirdikleri birtakım protokoller ile çözümleyen IoT tabanlı bir diyabet izlem sistemi geliştirmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada, diyabet hastalarının glukoz değerlerinin gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve tedavi sürecinin daha etkili bir şekilde sürdürülmesi hedeflenmiştir.

Sağlık hizmetleri alanında son yıllarda kullanımı artan alanlardan biri de veri madenciliği ve veri analitiği alanlarıdır. Sağlık alanında büyük veri hususunun gündeme gelmesi, bu verilerin analitik bir anlayışla ele alınması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Veri madenciliği ve veri analitiği alanları gelişimini hızla sürdürmektedir ve ülkeler bu alanlara önemli ölçüde yatırım yapmaktadır. Türkiye’de Tüpraş (Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş) ile ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) arasında üniversite-sanayi işbirliği kapsamındaki çalışmalar gereği ODTÜ Teknokent’te Veri Analitiği Merkezi açılmasına ilişkin çalışmaların başlatılmış olması¹² Türkiye’nin de bu alana yakından ilgi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Veri madenciliği yöntemlerinin sağlık alanında kullanılabilirliği ile ilgili bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, Avila ve Errecalde (2018), tip 2 diyabet hastalığının bireyselliği üzerinde durmuşlardır ve glisemik davranışın anlaşılmasının kişiye yönelik uygulanacak insülin politikasında etkili sonuçlar üreteceğini ileri sürmüşlerdir. Buna yönelik olarak da sağlıklı kişiler üzerinden bir araştırma yaparak glisemik davranışı karakterize etmek üzere “makine öğrenmesi” modellerini kullanmışlardır. Kullandıkları bu model neticesinde kişilerin glisemik davranışlarını doğru bir şekilde tahmin edebildiklerini ortaya koyarak her bir kişiye özgü tedavi gerekliliğinin önemine dikkat çekmişlerdir. Gu vd. (2017), sağlık hizmetleri alanında büyük veri konusunu ele almışlardır ve sağlık informatiği alanında büyük veri araştırmalarının hangi yöne doğru evrildiğini incelemişlerdir. Çalışmada sağlık alanında ele alınan büyük veri çalışmalarının 3 boyuttan oluştuğu ortaya konmuş olup bu boyutlardan birinin de hastalıklar (göğüs kanseri, obezite, diyabet vb.) olduğu saptanmıştır.

12 <http://www.odtuteknokent.com.tr/tr/haber/odu-odu-teknokent-ve-tuprastan-veri-analitigi-merkezi> adlı internet adresi kullanılarak erişim sağlanmıştır.

4.2. Tip 2 Diyabet IoT ile İzlenebilir mi?

4.2.1. Tip 2 Diyabet, Sürekli İzlem ve IoT

Tip 2 diyabet hastalığında, kandaki glukoz düzeyinin sürekli izlemi, uygulanacak insülin tedavisinde ve genel olarak hastalığın tedavi başarısında bir gerekliliktir (American Diabetes Association, 1999). Buna rağmen, Türkiye’de hâlihazırda tip 2 diyabet hastaları glukoz düzeylerini kendileri ölçmektedir ve doktoruna başvurduğunda bu ölçümlere ilişkin bilgileri paylaşmaktadır. Bu durum sürdürülebilir bir anlayışı temsil etmemekte olup, tip 2 diyabet hastalarının izlemi için daha sürdürülebilir inovatif çözümlere ihtiyaç bulunmaktadır. Ölçülebilen bir özelliğin yönetilebildiği hususu göz önünde bulundurulduğunda, bu hastalığa ait kişiye özgü birtakım bulguların ölçümünün ve bunların tedaviye esas oluşturmalarının önemi ortaya çıkmaktadır. IoT, bahsedilen bu ölçümleri ve ölçümler neticesinde tip 2 diyabet hastalığının yönetimini mümkün kılmaktadır.

Tip 2 diyabet, olası komplikasyonlar ve hastada bırakabileceği kalıcı hasarlar nedeniyle sürekli izlemin elzem olduğu bir hastalıktır. Bu hastalıkların izlemi elbette ki sağlık alanında kullanılan ve geliştirilen teknolojiler ile daha etkili hale gelebilmektedir. IoT, bu konuda belki de en temel teknolojiler olarak ön plana çıkmaktadır. İnvazif olarak deri altına yerleştirilebilen veya invazif olmayan sensörler ile diyabet hastasının glukoz ve diğer verileri uzak bir merkezde bulunan bir bilgisayara gönderilmektedir ve bu değerler sürekli olarak doktor tarafından izlenmektedir. IoT tabanlı kan şekeri izlemi, bireyin sağlığına ilişkin örüntüleri ortaya çıkarabilmektedir ve kan şekerinin değişmesi ile birlikte yapılması gerekli yemek planlaması, aktiviteler ve ilaç sürelerinin planlanmasında yardımcı olabilmektedir (Islam vd. 2015: 687).

Literatürde tip 2 diyabet hastalığının izlenebilmesi amacıyla yürütülen uygulamaya yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Çalışmalar daha çok merkezi bir bilgisayar ve nesnelere arasında bilgi alışverişine imkân sağlamaktadır. Bir başka anlatımla, tip 2 diyabet hastalarından elde edilen veriler sadece hastanenin bilgi sistemine aktarılmaktadır ve doktor sadece hastanenin bilgi sistemini kullanarak bu verilere erişim sağlama ve değerlendirme imkânı elde etmektedir. IoT ise bu konuda yepyeni bir paradigma oluşturmaktadır. IoT, hasta verilerinin bulut sistemler üzerinden yönetilmesine olanak sağlamaktadır yani

veriler sadece merkezi bir sistemde bulunmak yerine bulutta depolanmaktadır ve doktor bulunduğu her yerden hasta verilerine ulaşma imkânı elde etmektedir. Buna ilişkin olarak Caduff vd. (2006), ele aldıkları çalışmada diyabet hastalarının kandaki glukoz izlemine olanak sağlayan bir sistemin performansını değerlendirmişlerdir. Uygulamalı olarak yaptıkları çalışmada, invazif olarak tasarlanan sistemin glukoz ölçümünü ve buna ilişkin olarak da uygulanacak insülin tedavisinin kararlaştırılması için bir destek mekanizması görevi gördüğünü belirtmişlerdir.

IoT, diğer tüm alanlarda olduğu gibi sağlık alanında da oldukça yenidir. Şüphesiz hastaların izleminde bu teknolojiler çeşitli amaçlar ile kullanılmaya başlanmıştır ancak teknik birtakım problemler devam etmektedir. Bu problemler, hasta verilerinin gizlilik ve güvenliği hususundaki problemler, olası saldırı girişimleri, batarya problemleri, iletişim protokollerinin yetersizlikleri, internete erişimin oluşturduğu bariyerler vb. durumlar bu teknolojilerin kullanımı önünde önemli bariyerler oluşturmaktadır (Riahi Sfar vd. 2017: 7). Buna karşın, söz konusu problemleri gidermeye yönelik de bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Özellikle teknik olarak verimsiz olan ve önemli miktarda enerji tüketimine neden olan uygulamalar ve protokoller yerine yenileri geliştirilmektedir (Perles vd., 2018; Luthra vd., 2018). IoT teknolojisinin kullanımı önündeki belki de en önemli bariyerlerden biri bu teknolojilerin geliştirildiği protokoller ile ilgilidir. IoT, machine to machine (M2M) esasına göre çalışmaktadır. Bir başka anlatımla, belli bir amaçla kullanılan cihazların birbirleri ile bilgi alışverişinde bulunmaları gerekir (Albishi vd., 2017: 613). Piyasada bu teknolojilerin üretimini üstlenen çok sayıda üretici vardır ve bu üreticilerin kullanmış olduğu protokoller birbirinden önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Ortaya çıkan bu durum cihazların birbirleri ile iletişim kurmasının önünde önemli bariyerler oluşturmaktadır (Dimitrov, 2016: 157). Bu duruma hasta bilgilerinin gizlilik ve güvenliği gibi endişeler de eklenince bu teknolojilerin kullanımı önünde ne düzeyde önemli bariyerler olduğu düşünülebilir (Qi vd., 2017: 144). IoT'un tip 2 diyabet hastalığı ile ilgili genel olarak 3 temel kullanım alanı bulunmaktadır. Bunlar; klinik hizmet/bakım, uzaktan izlem ve erken müdahale/önleme olarak sıralanabilir.

4.2.1.1. Klinik Hizmet/Bakım

Fizyolojik durumu yakın dikkat gerektiren hastanede yatan hastalar IoT güdümlü, invazif olmayan izlem yöntemi kullanılarak sürekli izlenebilir. Bu tür bir çözüm kapsamlı fizyolojik bilgi toplamak ve ağ geçitlerini kullanmak için sensörleri kullanır ve bilgileri analiz etmek, saklamak ve analiz edilen verileri kablosuz olarak göndermek için bulut teknolojilerinden yararlanarak bu verilerin daha fazla analiz ve gözden geçirme için sağlık profesyoneline aktarılmasını sağlar. Profesyonel, hastanın yaşamsal belirtilerini kontrol etmek için düzenli aralıklarla elde edilen bilgileri analiz eder ve hastaya uygulanacak tedavi formülasyonunu oluşturur. Bahsedilen bütün bu süreçler eş zamanlı olarak gelişir. Hastanın sağlık bakımında bu tür proaktif bir anlayışın varlığı sağlık bakım hizmetlerinin kalitesini artırmasının yanı sıra bakım maliyetlerini de düşürebilmektedir.¹³

4.2.1.2. Uzaktan İzlem

Tüm dünyada sağlığı kötü durumda bulunan ve bu durumdan muztarip olan çok sayıda insan bulunmaktadır. Çünkü bu insanlar özellikle de etkili sağlık hizmetlerine erişim sağlamada çeşitli faktörler (predisposing, enabling, need vb.) nedeniyle problem yaşamaktadır (Andersen, 1995: 2). Buna karşın, küçük ve kablosuz IoT üzerinden geliştirilen çözümler artık hastanın uzaktan izlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu çözümler, uzak mesafede bulunan hastalardan çeşitli sensörler aracılığıyla güvenli bir şekilde veriler elde edilebilir ve çeşitli algoritmaların kullanılması ile bu veriler analiz edilebilir. Sonrasında ise tıp uzmanları hastaya uygun gördüğü yönlendirme ve rehberliği yapma yoluna gitmektedir.

4.2.1.3. Erken Müdahale/Önleme

Kaku'nun 2100 yılından bir günü tasvir etmesi konuyu anlamada oldukça önemlidir. Zira bir program olan Molly'nin izlediği kişi bir hasta olmayıp sağlıklı bir insandır. Sağlıklı, aktif insanlar da IoT teknolojilerinden yararlanabilirler. Kişilerin günlük aktivitelerinin ve refah düzeyinin izlenmesi bu duruma örnek olarak gösterilebilir. Örnek olarak, yalnız yaşayan bir yaşlı her gün dü-

¹³ <https://www.nxp.com/docs/en/white-paper/IOTREVHEALCARWP.pdf> adlı internet adresi kullanılarak ulaşılmıştır.

şüş veya başka bir durum için acil durumlarda aile üyelerine veya sağlık organizasyonuna haber vermek isteyebilir. Bu nedenle de geliştirilecek veya hizmete sunulacak böyle bir cihaza sahip olmak isteyebilir. Diğer yandan, aktif sporcular için de benzer durum geçerlidir. Sporcu, bir giyilebilir teknoloji parçası olarak bu teknolojileri kullanarak kendi sağlık durumuna ilişkin bulguları eş zamanlı olarak elde edebilir. Bu yönüyle, IoT bir uyarıcı sistemi özelliğinden dolayı ayrıca önem arz etmektedir. Tip 2 diyabet için değerlendirildiğinde ise, hastasının glukoz değerlerini takip eden doktor bu değerlerin olması gerekenin altında veya üstünde olduğunu fark ettiğinde hemen müdahale etme imkânı elde eder ve uygulanması gerekli insülin miktarını kararlaştırır.

5. SONUÇ

Kronik hastalıklar, kişilerin yaşamını olumsuz etkilemektedir ve sağlık sistemlerinin elde etmek istediği sağlık sonuçları önünde önemli bariyer oluşturmaktadır. Diğer yandan, kronik hastalıklar sağlık sistemleri üzerinde önemli bir yük oluşturmakta olup sistem içerisinde çok büyük maliyetlere yol açabilmektedir. Dünya genelinde değerlendirmek gerekirse, sağlık harcamaları ve ülkelerin sağlık alanına ayırdıkları pay artış trendi göstermektedir. Türkiye'nin ise sağlık alanına ayırdığı pay Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın yaklaşık olarak %5'ini oluşturmaktadır. Dolayısıyla ülke sağlık sistemleri hem sağlık harcamalarını azaltmak hem de kronik hastalıkların sistem üzerinde oluşturmuş olduğu kronik yükün çözülmesine ilişkin çeşitli çözüm yolları aramaktadır. Tip 2 diyabet hastalığı bu durumun tipik bir örneği niteliğindedir. Bu hastalar bir ömür boyunca bu hastalık ile birlikte yaşarlar ve bu hastalık kişinin sağlık statüsünü herhangi bir şekilde olumsuz etkileyebilmektedir. Türkiye'de yaklaşık her yüz kişiden 12'si diyabet hastası olup bu oran dünya ortalamasının üzerindedir (World Bank, 2018). Dolayısıyla bu hastalığın daha etkili ve sürdürülebilir yollar ile yönetilmesi ihtiyacı açıkça ortadadır.

Diyabet hastalığının kesin bir tedavisi olmamasına rağmen söz konusu hastalık etkili bir şekilde yönetilebilir. Yenilen yiyeceğin egzersiz ile dengelenmesi ve sağlık hizmetlerinden yararlanım, kişinin kilosunu kontrol etmesine yardımcı olur ve kan şekerini ise istenen aralıkta tutabilme olanağına kavuşturur. Bu durum komplikasyonları önlemeye veya geciktirmeye yardımcı olabilir. Günümüzde bu hususlara dikkat eden diyabetli birçok insan uzun ve sağlıklı

bir yaşam sürmektedir¹⁴. IoT, bu bağlamda önemli potansiyeller barındırmaktadır. Çok çeşitli yollar ile hastadan vital bulguların elde edilmesi ve sağlık profesyoneli tarafından eş zamanlı olarak analiz edilmesi ve hastaya gerekli medikasyonların yapılmasına katkı sağlaması vb. hususlar hastanın yaşam kalitesini olumlu yönde etkileyebilecektir.

IoT, sağlık hizmetleri alanında yepyeni bir paradigma olup sağlık hizmetlerini sahip olduğu geleneksel merkezi yapısından hasta-merkezli yapıya doğru dönüştürmektedir. Giyilebilir cihazlar ve akıllı telefon kullanımının hızla yaygınlaşması IoT teknolojisinin benimsenmesine ve daha geniş çapta uygulama alanı bulmasına ivme kazandırmıştır (Qi vd., 2017: 133). IoT teknolojisinin etkili bir şekilde kullanımı şüphesiz kullanıcıların ne düzeyde bu teknolojileri kabullendikleri ile yakından ilişkilidir. Kim ve Kim'in (2017) ele aldıkları çalışma bu bağlamda dikkate değer sonuçlar ortaya koymuştur. Hastaların (435 kişi) medikal geçmişlerini kullanarak yaptıkları Birleşik Analiz (Conjoint Analysis), hastaların bu teknolojilerin fonksiyonel olmasından öte, daha çok güvenli ve güvenilir bir sağlık hizmeti alıp almadıkları ile ilgilendiklerini ortaya koymuştur. Dolayısıyla yaşam tarzı hastalık yönetiminde bu teknolojilerin kullanımı, kullanıcıların bu teknolojilerin ne düzeyde güvenli/güvenilir olduğuna ilişkin algısına bağlıdır.

Türkiye diyabet hastalığında ABD ve AB ülkelerinin ortalamasının üzerindedir. Diyabet oranı ABD ve AB ülkelerinde sırasıyla yaklaşık olarak %10 ve %6'dır. Bu veriler oldukça dikkate değer olup kanımızca Türkiye'nin diyabet profili alarm verici düzeydedir. Hastalık prevalansının bu ölçüde yüksek olması diyabet hastalarının potansiyel sağlık hizmeti kullanıcıları olduğu veya olacağı gerçeğini de beraberinde getirmektedir. Sağlık hizmetlerine olan talebin sürekli artış göstermesi, sağlık alanında kaynakların sınırlı olduğu gerçeği ve verimlilik kaygılarının artış göstermesi ile birlikte rasyonel ekonomik kararlara duyulan ihtiyaç vb. faktörler tip 2 diyabet hastalığının daha sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Türkiye, gelişmiş ülkelerde olduğu gibi tip 2 diyabet hastalığının etkin yönetiminde IoT teknolojilerinden yararlanmalıdır. Tip 2 diyabet hastalığının yönetilmesinde hastalık yönetim programları (disease management programs) ve uygulamaya

14 <http://www.diabetes.org/living-with-diabetes/?loc=lwd-slabnav> adlı internet adresinden ulaşılmıştır.

yönelik olarak yapılacak bilimsel çalışmalar ve girişimlerin daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Albishi, S., Soh, B., Ullah, A., & Algarni, F. (2017). “Challenges and Solutions for Applications and Technologies in the Internet of Things”. *Procedia Computer Science*, 124, 608–614. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.196>
- Ali, M., Albasha, L. & Al-Nashash, H. (2011). “A Bluetooth Low Energy Implantable Glucose Monitoring System”. *Proceedings of the 8th European Radar Conference, UK, 12-14 October 2011*.
- Allen, Anita L. (2008). *Confidentiality: An Expectation in Health Care*. Faculty Scholarship.
- Altın, Z. (2017). “Açlığın Fizyolojisi”. *Tepecik Eğitim ve Araştırma Hastanesi Dergisi*. 27(3): 179-185.
- American Diabetes Association (1999). *Diabetes Care* 22, 77-78.
- Andersen, R. M. (1995). “Revisiting the behavioral model and access to medical care: does it matter?” *J Health Soc Behav*. 36(1):1–10. doi: 10.2307/2137284. Available from: <http://dx.doi.org/10.2307/2137284>.
- Atzori, L., Iera, A., Morabito, G. (2010). “The Internet of Things: A survey”. *Computer Networks*, 54, 2787–2805.
- Avila, L. O., Errecalde, M. L. (2018). “A simple method for recommending specialized specifications for diabetes monitoring”, 91, 298–309. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.09.019>
- Benchoufi, M., & Ravaud, P. (2017). “Blockchain technology for improving clinical research quality”. *Trials*. <https://doi.org/10.1186/s13063-017-2035-z>
- Bergner, M. Bobbitt, R. Carter, W. Gilson, B (1981). “The sickness impact profile: development and final revision of a health status measure.” *Medical Care*, 19(8): 787–805.
- Brooks, R. (1996). “EuroQol: the current state of play.” *Health Policy*, 37(1): 53–72.
- Caduff, A., Dewarrat, F., Talary, M., Stalder, G., Heinemann, L., Feldman, Y. (2006). “Non-invasive glucose monitoring in patients with diabetes : A novel system based on impedance spectroscopy”. 22, 598–604. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2006.01.031>
- Chalmers, J., Muir, R. (2003). “Patient privacy and confidentiality”. *Brit. Med. J*. 348: 1486–1490.

- Chen, C. (2006). “CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature”. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 57(3), 359–377.
- Demir, H. (2016). *Mobil Sağlık Uygulamalarının Sağlık Hizmetlerine İşlem Maliyeti Yaklaşımı Bağlamında Etkisi: Hastane Yöneticileri Üzerine Bir Araştırma*. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Demir, H., Çakmak, C., Çelik, Y. (2017). *Sağlıkta Cinsiyet Tuzağı*. Uluslararası Ekonomi, Siyaset ve Yönetim Sempozyumu. s. 192., 12-14 Ekim, Diyarbakır.
- Deshwal, P., Bhuyan, P. (2018). “Cancer patient service experience and satisfaction”. *International Journal of Healthcare Management*, 11:2, 88-95, DOI: 10.1080/20479700.2016.1238601.
- Dharmarajan K, Hsieh AF, Lin Z, Bueno H, Ross JS, Horwitz LI, et al. (2013). “Diagnoses and timing of 30-day readmissions after hospitalization for heart failure, acute myocardial infarction, or pneumonia”. *JAMA*. 309(4):355–363.
- Dimitrov, D. V. (2016). “Medical Internet of Things and Big Data in Healthcare”. *Healthc Inform Res*, 22(3): 156-163.
- Ebadati, E. O. M., Mortazavi, M. T. (2017). “A Decision Support System in Brain Tumor Detection and Localization in Nominated Areas in MR Images”. Eds. Chintan Bhatt, Nilanjan Dey, Amira S. Ashour. *Internet of Things and Big Data Technologies for Next Generation Healthcare*. pp. 335-358. Switzerland: Springer International Publishing.
- Engelgau, M.M., Geiss, L.S., Saaddine, J.B., Boyle, J.P., Benjamin, S.M., Gregg, E.W., et al. (2004). “The Evolving Diabetes Burden in the United States”. *Ann Intern Med*. 140(11):945–50.
- Farahani, B., Firouzi, F., Chang, V., Badaroglu, M. (2018). “Towards fog-driven IoT eHealth : Promises and challenges of IoT in medicine and healthcare”. *Future Generation Computer Systems*, 78, 659–676.
- Foucault, M. (2002). *Kliniğin Doğuşu*. Ünsaldı, Ş. (Çev.), Ankara, Epos Yayınları.
- Garratt, A. Schmidt, L. Mackintosh, A. Fitzpatrick, R. (2002). “Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures.” *British Medical Journal*, 324(7351): 1417–1422.
- Gia, T. N., Ali, M., Dhaou, I. Ben, Rahmani, A. M., Westerlund, T., Liljeberg, P., Tenhunen, H. (2017). “IoT-based continuous glucose monitoring system: A feasibility study”. *Procedia Computer Science*, 109, 327–334.
- Gómez, J., Oviedo, B., Zhuma, E. (2016). “Patient Monitoring System Based on Internet of Things”. *Procedia Computer Science*, 83(Ant), 90–97.

- Gu, D., Li, J., Li, X., Liang, C. (2017). “International Journal of Medical Informatics Visualizing the knowledge structure and evolution of big data research in healthcare informatics”. *International Journal of Medical Informatics*, 98, 22–32.
- Hentschel, M.A., Haaksma, M.L., van de Belt, T.H. (2016). “Wearable technology for the elderly: Underutilized solutions”. *European Geriatric Medicine* 2016.01.008.
- Hunt, S. McEwan, J. McKenna, S. (1985). “Measuring health status: a new tool for clinicians and epidemiologists.” *Journal of Royal College of General Practitioners*, 35(273): 185–188.
- Idler, E. Benyamini, Y (1997). “Self-rated health and mortality: a review of twenty-seven community studies.” *Journal of Health and Social Behavior*, 38(1): 21–37.
- Inzucchi, S. E. (2012). “Diagnosis of Diabetes”. *New England Journal of Medicine*, 367(6), 542–550.
- Islam, S.M.R., Kwak, D., Kabir, H. (2015). “The internet of things for health care: A comprehensive survey”. *IEEE Access* 3 (2015) 678–708.
- Jameson, J. L., Longo, D. L. (2015). “Precision Medicine — Personalized, Problematic, and Promising”. *The new england journal of medicine*, 372(23). 2229-2234.
- Kaku, M. (2015). *Geleceğin fiziği*. 3. Basım. Oymak, Y. S. & Oymak, H. (Çev.), Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık.
- Khan, M. A., Salah, K. (2017). “IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges”. *Future Generation Computer Systems*.
- Kıdak, L. B., Demir, H., Özdemir, E. (2017). “Bilimsel haritalama yöntemiyle hastane yönetimi alanındaki tematik değişimin analizi”. *Genel Tıp Dergisi*, 27(2), 43-50.
- Kim, S., Kim, S. (2017). “User preference for an IoT healthcare application for lifestyle disease management”. *Telecommunications Policy*, (September 2016), 1–11.
- Krumholz, H.M. (2013). “Post-hospital syndrome--an acquired, transient condition of generalized risk”. *N Engl J Med*. 368(2):100–102.
- Kuo, T. T., Kim, H. E., Ohno-Machado, L. (2017). “Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications”. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24(6), 1211–1220.

- Lanzola, G., Losiouk, E., Favero, S. Del, Facchinetti, A., Galderisi, A., Quaglini, S., ... Cobelli, C. (2016). "Remote Blood Glucose Monitoring in mHealth Scenarios : A Review", 1–17.
- Lee, I. (2017). "Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges". *Business Horizons*, 60(3), 293–303.
- Lucisano, J. Y., IEEE, M., Routh, T. L., IEEE, M., Lin, J. T. Gough, D. A. (2016). "Glucose Monitoring in Individuals With Diabetes Using a Long-Term Implanted Sensor/Telemetry System and Model". *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*. 64(9): 1982-1993.
- Luthra, S., Garg, D., Mangla, S. K., Singh Berwal, Y. P. (2018). "Analyzing challenges to Internet of Things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context". *Procedia Computer Science*, 125, 733–739.
- Mahdavejad, M. S., Rezvan, M., Barekatin, M., Adibi, P., Barnaghi, P., Sheth, A. P. (2017). "Machine learning for Internet of Things data analysis: A survey". *Digital Communications and Networks*.
- McGowan, C. (2012). "Patients' confidentiality". *Critical Care Nurse* 32(5): 61–64.
- Menon, K. A. U., Hemachandran, D., Abhishek, T. K. (2013). "A Survey on Non-Invasive Blood Glucose Monitoring Using NIR". *International conference on Communication and Signal Processing*. India, April 3-5, 2013. pp. 1069-1072.
- Murakami, A., Gutierrez, M.A., Lage, S.H.G., Rebelo, M.F.S., Guiraldelli, R.H.G., Ramires, J.A.F. (2006). "A Continuous Glucose Monitoring System in Critical Cardiac Patients in the Intensive Care Unit". *Computers in Cardiology*, 33: 233–236.
- NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). *Worldwide Trends in Diabetes since 1980: A Pooled Analysis of 751 Population-Based Studies with 44 Million Participants*. *Lancet*. 2016; 387(10027):1513–30.
- Nelson, E. Landgraf, J. Hays, R. Wasson, J. Kirk, J (1990). "The functional status of patients. How can it be measured in physicians' offices?". *Medical Care*, 28(12): 1111–1126.
- Nigrin, D. J. (2014). "When "Hacktivists" Target Your Hospital". *New England Journal of Medicine*, 371(5), 393–395.
- Onoue, T., Goto, M., Kobayashi, T., Tominaga, T., Ando, M. (2017). *Randomized controlled trial for assessment of Internet of Things system to guide intensive glucose control in diabetes outpatients : Nagoya Health Navigator Study protocol*, 323–329.

- Ordway, S. H. (1953). *Resources and the American Dream: Including a Theory of the Limit of Growth*. New York: Ronald Press.
- Osborn, H. F. (1954). *The Limits of the Earth*. Boston: Little, Brown and Co.
- Osman, J. (2012). *Dünyayı değiştiren 100 fikir*. Düz, O. (Çev.), İstanbul: Kolektif Kitap.
- Ould-Yahia, Y., Banerjee, S., Bouzefrane, S., Boucheneb, H. (2017). “Exploring Formal Strategy Framework for the Security in IoT towards e-Health Context using Computational Intelligence”. Eds. Chintan Bhatt, Nilanjan Dey, Amira S. Ashour. *Internet of Things and Big Data Technologies for Next Generation Healthcare*. pp. 63-90. Switzerland: Springer International Publishing.
- Peltola, O. (2017). *Introduction to Wearable Healthcare Technology*. Bachelor’s Thesis, University of Jyväskylä.
- Perles, A., Pérez-Marín, E., Mercado, R., Segrelles, J. D., Blanquer, I., Zarzo, M., Garcia-Diego, F. J. (2018). “An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage”. *Future Generation Computer Systems*, 81, 566–581.
- Pevnick, J. M., Birkeland, K., Zimmer, R., Elad, Y., Kedan, I. (2018). “Wearable technology for cardiology : An update and framework for the future”. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 28(2), 144–150.
- Polonsky, K. S. (2012). “The Past 200 Years in Diabetes”. *New England Journal of Medicine*, 367(14), 1332–1340.
- Qi, J., Yang, P., Min, G., Amft, O., Dong, F., Xu, L. (2017). “Advanced internet of things for personalised healthcare systems : A survey”. *Pervasive and Mobile Computing*, 41, 132–149.
- R CORE TEAM (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>.
- Rawshani, A., Rawshani, A., Franzén, S., Eliasson, B., Svensson, A.-M., Miftaraj, M., ... Gudbjörnsdottir, S. (2017). “Mortality and Cardiovascular Disease in Type 1 and Type 2 Diabetes”. *New England Journal of Medicine*, 376(15), 1407–1418.
- Riahi Sfar, A., Natalizio, E., Challal, Y., Chtourou, Z. (2017). “A Roadmap for Security Challenges in Internet of Things”. *Digital Communications and Networks*, (March), 1–20.
- Saarikko, T., Westergren, U. H., Blomquist, T. (2017). “The Internet of Things: Are you ready for what’s coming?”. *Business Horizons*, 60(5), 667–676.
- Salman, O., Elhajj, I., Kayssi, A., Chehab, A. (2015). “Edge computing enabling the Internet of Things. In *Internet of Things (WF-IoT)*”. *IEEE 2nd World Forum on*, pp. 603-608.

- Samaniego, M., Deters, R. (2016). "Management and Internet of Things". *Procedia Computer Science*, 94(MobiSPC), 137–143.
- Saydah, S.H. (2011). Diabetes and Mortality. In: Narayan KMV, Williams DE, Gregg EW, Cowie CC, editors. *Diabetes Public Health*. p. 267–84.
- Shaev, Y. (2014). From the Sociology of Things to the "Internet of Things." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 149, 874–878.
- Sikorski, J. J., Haughton, J., Kraft, M. (2017). "Blockchain technology in the chemical industry: Machine-to-machine electricity market". *Applied Energy*, 195, 234–246.
- Snoek, F.J. (2000). Quality of Life: A Closer Look at Measuring Patients' Well-Being. *Diabetes Spectrum*; 13: 24.
- Tailor, K. (2016). *The patient Revolution*. Canada: John Wiley & Sons Publishing.
- Tehrani, K., Andrew, M. (2014). "Wearable Technology and Wearable Devices: Everything You Need to Know". *Wearable Devices Magazine*, Retrieved from <http://www.WearableDevices.com>.
- Trikkalinou, A., Papazafropoulou, A. K., Melidonis, A. (2017). *World J Diabetes*. 15: 8(4): 120–129.
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping". *Scientometrics*, 84(2), 523–538.
- Verma, P., & Sood, S. K. (2018). "Cloud-centric IoT based disease diagnosis healthcare framework". *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 116, 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.11.018>
- Wang, N., Kang, G. (2012). "A monitoring system for type 2 diabetes mellitus". In *Healthcom 2012*, pp. 62–67. IEEE.
- Wang, Q., Qin, B., Hu, J., Xiao, F. (2017). "Preserving transaction privacy in bitcoin". *Future Generation Computer Systems*.
- Willems, S., De Maesschalck, S., Deveugele, M., Derese, A. De Maeseneer, J. (2005). "Socio-economic status of the patient and doctor–patient communication: does it make a difference?". *Patient Education and Counseling*, 56: 139–146.
- World Bank (2018). <https://data.worldbank.org/>. Erişim Tarihi: 15.3.2018.
- Yılmaz, T., Foster, R., Hao, Y. (2010). "Detecting vital signs with wearable wireless sensors". *Sensors*, 10(12), 10837–10862.
- 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.