

ŞUBAT 2023

Yüksek Lisans Tezi- Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği

ERDOĞAN KAYHAN

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORTAM SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ISI YALITIMI
YAPABİLEN GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİK ÜRÜN KONSEPTİ
TASARIMI

ÜRÜN GELİŞTİRME VE TASARIM MÜHENDİSLİĞİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERDOĞAN KAYHAN
ŞUBAT 2023

**ORTAM SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ISI YALITIMI
YAPABİLEN GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİK ÜRÜN KONSEPTİ
TASARIMI**

**Gaziantep Üniversitesi
Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği
Yüksek Lisans Tezi**

Danışman

Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ

Erdoğan KAYHAN

Şubat 2023



©2023[Erdoğan KAYHAN]

**ORTAM SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ISI YALITIMI YAPABİLEN
GİYİLEBİLİR TEKNOLOJİK ÜRÜN KONSEPTİ TASARIMI**

başlıklı bu çalışma, **Erdoğan KAYHAN** tarafından hazırlanmış ve yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Gaziantep Üniversitesi Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği Bölümü**'nde Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet İshak YÜCE
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ
ÜRGE ve Tasarım Mühendisliği
Bölüm Başkanı

.....

Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ
Danışman, Tekstil Mühendisliği
Gaziantep Üniversitesi

.....

Sınav Tarihi: 23 Şubat 2023

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Emrah ÖZAHİ
Makine Mühendisliği
Gaziantep Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ
Tekstil Mühendisliği
Gaziantep Üniversitesi

.....

Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK
Tekstil Mühendisliği
Erciyes Üniversitesi

.....

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yer aldığını beyan ederim.

Erdoğan KAYHAN

ABSTRACT

WEARABLE TECHNOLOGICAL PRODUCT CONCEPT DESIGN THAT ADJUSTS THE THERMAL INSULATION DEPENDING ON THE ENVIRONMENTAL TEMPERATURE

KAYHAN, Erdoğan

M.Sc. in Product Development and Design Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ

February 2023

76 pages

Considering the reflection of today's technological developments on user preferences, in addition to the healthy feedback of the technology/technology used in wearable electronic products, the ergonomics it provides and the feeling of comfort it provides have also been an important reason for preference. In order to meet all the criteria such as ease of transportation and use, duration of use, design of the product, sometimes there are situations such as choosing different products that do the same job. In this context, in addition to the technological benefit provided by a wearable electronic product, its ability to take shape according to the environment and conditions in which it is used will provide more capabilities in a single product. This means offering many advantages such as wider usage area, less product, less cost and ease of use to its users.

In this study, it is aimed to design an alternative wearable technological product that allows users to be affected by this change at a minimum level when the temperature drops, in areas where daily ambient temperature changes are high or in activities where ambient temperature changes may be high, in order to meet the important requirements that will affect the user preference. By detecting the desired temperature information by means of a sensor, it is aimed to create a concept product that automatically increases the amount of air in the product structure with a microprocessor and thus provides thermal insulation.

Key Words: Wearable Technology, Temperature Measurement, Microcontroller Controlled System, Air Layer, Thermal Insulation.

ÖZET

ORTAM SICAKLIĞINA BAĞLI OLARAK ISI YALITIMI YAPABİLEN GIYİLEBİLİR TEKNOLOJİK ÜRÜN KONSEPTİ TASARIMI

KAYHAN, Erdoğan

Yüksek Lisans Tezi, Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği

Danışman: Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ

Şubat 2023

76 sayfa

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin, kullanıcı tercihlerine yansımaları göz önüne alındığında, giyilebilir elektronik olarak ifade edilen ürünlerde, kullanılan teknolojilerin sağlıklı geri bildirimler vermesinin yanı sıra, sağladığı ergonomi ve yaşattığı konfor hissi de önemli bir tercih nedeni olmuştur. Ürünün taşıma ve kullanım kolaylığı, kullanım süresi, tasarımı gibi kriterlerin hepsini sağlamak için bazen aynı işi yapan farklı ürünlerin tercih edilmesi gibi durumlar yaşanabilmektedir. Bu bağlamda giyilebilir elektronik bir ürünün sağladığı teknolojik faydanın yanı sıra, kullanıldığı ortam ve şartlara göre de şekil alabilmesi, tek üründe daha çok kabiliyeti sağlayacaktır. Bu da daha geniş kullanım alanı, daha az ürün, daha az maliyet, kullanım kolaylığı gibi birçok artıyı kullanıcılarına sunmak demektir.

Bu çalışmada, kullanıcı tercihini etkileyecek olan önemli gereksinimlerin sağlanabilmesi için, günlük ortam sıcaklık değişimlerinin fazla olduğu bölgelerde veya ortam sıcaklık değişimlerin fazla olabileceği etkinliklerde, kullanıcıların sıcaklıklarının düştüğü zamanlarda, bu değişimden minimum düzeyde etkilenmesini sağlayan alternatif giyilebilir teknolojik bir ürün tasarımı amaçlanmıştır. İstenilen sıcaklık bilgileri bir sensör vasıtasıyla tespit edilerek, mikroişlemci ile ürün yapısı içerisindeki hava miktarını otomatik olarak arttıran ve bu yolla ısı yalıtım sağlayan konsept bir ürün oluşturulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Giyilebilir Teknoloji, Sıcaklık Ölçümü, Mikrodenetleyici Kontrollü Sistem, Hava Katmanı, Isı Yalıtımı.



“Tüm adanmış hayatlara”

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde çok büyük emeği olan, danışman hocam, sayın Doç. Dr. Züleyha DEĞİRMENCİ'ye sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans serüvenine birlikte başladığım ve her zaman yol arkadaşım olan Abdurrahman Koçak'ın, tabi ki bu başlangıcın en büyük mimarı Ali Usta'ya, projenin gelişim sürecindeki desteklerinden dolayı Ümit Kök'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince beni hep destekleyen ve güvenen, çok sevdiğim biricik anneme, bugünleri birlikte yaşayıp ona da bu gururu yaşatmayı arzuladığım ancak aramızdan ayrılmış olan kıymetli babama ve tüm kardeşlerime sonsuz sevgilerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ABSTRACT	vi
ÖZET	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
BÖLÜM I: GİRİŞ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Tezin amacı	2
1.3. Teknik ve Akıllı Tekstil	2
1.3.1. Teknik Tekstiller.....	2
1.3.2. Teknik Tekstil Uygulamaları.....	4
1.3.2.1. Giyim.....	4
1.3.2.2. Koruyucu Giysiler	5
1.3.3. Akıllı Sistemler.....	5
1.3.4. Akıllı Tekstiller Tanımı ve Sınıflandırılması	7
1.3.5. Akıllı tekstil geliştirmenin karşılaştığı zorluklar	8
1.4. Akıllı tekstillerle ilgili çalışmalar	10
1.5. Giyilebilir Teknolojiler	16
1.5.1. Giyilebilir Teknolojiler.....	16
1.5.2. Giyilebilir Teknolojilerin Sınıflandırılması.....	17
1.5.3. Giyilebilir Teknolojiler ve Kullanım Alanları.....	21
1.5.4 Kişisel ısıtıcı tulum türleri	23
1.5.4.1. Elektrikli Isıtıcı Giysiler (EHG)	23
1.5.4.2. Akışkan / Hava Akışlı Isıtıcı Giysiler	24
1.6. Akıllı Sistemler ve Giyilebilir Teknolojilere Entegrasyonu	24
1.6.1. Mikrodenetleyiciler ve sensörlerle kontrol.....	25
BÖLÜM II: ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	28

2.1. Giyilebilir Teknolojiler İle ilgili Çalışmalar	28
2.2. Termal ceket tasarımı ile ilgili çalışmalar	31
2.3. Çalışmanın Amacı	40
BÖLÜM III: MATERYAL-METOD	42
3.1. Materyal	42
3.1.1. Kumaş	42
3.1.2. Mikro Denetleyici	43
3.1.3. Sensör Devresi	46
3.1.4. Motor	47
3.1.5. Hava kesesi	48
3.1.6. Elyaf	48
3.1.7. Kılıf	48
3.2. Metot	48
3.3. Deneysel Tasarım	52
3.4. Deney Uygulaması	55
3.5. PUKÖ Çevriminin Tez Çalışmasına Uygulanması	55
BÖLÜM IV: SONUÇLAR	57
4.1. Prototip ile ilgili çalışmalar	57
4.2. Konsept Tekstil Ürününün Tasarımı	60
BÖLÜM V: TARTIŞMA	62
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	76

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1 Giyilebilir uygulama/işlev türlerine göre sınıflandırma	19
Tablo 2.1 Akıllı dış mekan aşınması ve kullanıcı aktivitesi izleme araştırmasında kullanılan teknolojiler	39
Tablo 3.1 Bazı liflerin ısı iletkenlik değeri.....	43
Tablo 3.2 Mikro denetleyici özellikleri.....	47
Tablo 3.3 Dijital sensör devresinin özellikleri.....	48
Tablo 3.4 Mikro Hava Pompası Özellikleri.....	49
Tablo 4.1 Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değeri....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Akıllı Bir Sistem Olarak İnsan.....	6
Şekil 1.2 Georgia Tech Giyilebilir Anakart, Ateşböceği elbisesi.....	9
Şekil 1.3 Giyilebilir cihazların vücut üzerindeki konumuna göre sınıflandırılması.....	20
Şekil 1.4 Giyilebilir veri işleme.....	26
Şekil 3.1 Giyilebilir mimarilerin geliştirilmesi.....	45
Şekil 3.2 Kullanılan elyafın görseli.....	49
Şekil 3.3 Ölçüm değerlerine göre çalışan akıllı sistem devresi arayüz görsel.....	50
Şekil 3.4 Koşullandırılmış laboratuvar sıcaklık ve nem değerleri görseli	51
Şekil 3.5 Ortam sıcaklığına bağlı ısı yalıtımı yapan tekstil ürünü tasarımının mikroişlemci algoritması	52
Şekil 3.6 Kılıfsız ölçüm düzeneği görseli	53
Şekil 3.7 Su sıcaklığı ölçümüne ilişkin görsel.....	54
Şekil 3.8 Hava keseli kılıf tasarımı ve ölçümü.....	54
Şekil 3.9 Kılıf+elyaf ile kurulan düzenek görseli.....	55
Şekil 3.10 Kılıf + elyaf +hava kesesi düzeneğine ait düzenek ve ölçümü.....	55
Şekil 3.11 Termal tekstil ürünü tasarımına ait PUKÖ çevrimi.....	57
Şekil 4.1 Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri grafiği....	60
Şekil 4.2 Konsept tasarımın boş, hava keseli hali ve hava kesesinin yakından görünüşü.....	61
Şekil 4.3 Sensör yerleşimi, tasarıma yerleştirilmiş birbiriyle bağlantılı hava keseleri ve hava keselerini şişiren hava pompası ve dağıtım elemanı bağlantısı.....	62

KISALTMALAR LİSTESİ

BLE	Bluetooth Düşük Enerji
BLSTM	Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek
CNN	Evrişimli Sinir Ağı
EEG	Elektroensefalogram
EHG	Elektrikli Isıtıcı Giysiler
EKG	Elektrokardiyogram
GNSS	Gemide Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GRU	Kapılı Tekrarlayan Birimler
HCI	İnsan-Bilgisayar Etkileşimi
ICD	Endüstriyel Giyim Bölümü
IoT	Nesnelerin İnterneti
LCST	Kritik çözelti sıcaklığı
LPWAN	Düşük Güçlü Geniş Alan Ağı
LSTM	Uzun Kısa Süreli Bellek
KIT	Kişisel Isıtıcı Tulum
ML	Machine Learning
MLP	Çok Katmanlı Algılayıcı
nanoPE	Nanogözenekli polietilen
NFC	Yakın Alan İletişimi
PCM	Faz değişim malzemeleri
PDMS	İletken iplikler polidimetilsiloksan
PUKÖ	Planla-Uygula-Kontrol Et- Önlem Al
TENG	Triboelektrik nanogeneratörler
TFT	İnce Film Tabakalı Transistör
Wi-Fi	Kablosuz Fidelity

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1.Giriş

Zeki veya akıllı ürünler alanındaki gelişmeler kuşkusuz önümüzdeki yıllarda tekstil ve moda endüstrilerinde güçlü bir şekilde öne çıkacak ve hatta günlük hayatımızın bir parçası haline gelecektir. Tekstil açısından akıllı olarak ifade edilen bileşenler, genel olarak, özel oluşturulmuş polimerler veya hatta bir tür renklendirici olabilen belirli bileşenlerin kumaşa dâhil edilmesinden kaynaklanmaktadır. Birçok akıllı tekstil ürünü, çevrelerindeki olumsuz koşullara yanıt verecek şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca, dış etkenlere yanıt olarak doğalarını değiştirebilmekte veya kullanıcılarına ek faydalar sağlayabilmektedirler. Örneğin giyim kumaşlarında hem sıcak hem de soğuk koşullarda ekstra yalıtım sağlayabilen kapsamlı yenilikler olmuştur. Bu tür tekstil ürünleri moda endüstrisinde giderek daha önemli hale gelmektedir. Diğer bir ifadeyle sıcaklık ayarlı veya ısıyla düzenlenmiş giysilerdir. Sıcaklık teriminin geniş bir anlamı vardır. Aslında vücut sıcaklığını performansı ve konforu en üst düzeye çıkarırken aynı zamanda kullanıcıyı koruyacak seviyede tutmak anlamına gelmektedir. Sıcaklık düzenlemesi, çeşitli ortamlarda hem iç vücut sıcaklığını hem de kullanıcının rahatlığını korumak olan amacı ile en iyi şekilde tanımlanmaktadır. Vücudun kendi sıcaklığını bir grup biyolojik işlemle düzenlemektedir (+1°C). Vücut ısısı termo-nötr bölgenin sınırlarının ötesine geçtiğinde, vücut sistemleri daha az verimli çalışmakta ve aşırıya itildiğinde ölümle bile sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle, sıcaklık-düzenleme hem güvenlik hem de performans açısından kritik bir öneme sahiptir.

Çeşitli mesleklerdeki bireyler ve soğuk bölgelerde yaşayan kişiler sıklıkla soğuk havaya maruz kalmakta ve bu da soğuk havadan kaynaklanan sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Hatta soğuk havadan kaynaklı çeşitli yaralanmalar dahi oluşabilmektedir [1]. Soğuk hava, sıcaklığı doku sıvısının donduğu seviyeye düştüğünde, insan cildinde donmadan kaynaklanan yaralanmalar oluşmaktadır. Ya da

insan bedeninin donmadığı farklı bir yaralanma türü de vardır. Bunda ise soğuk havaya maruz kaldıktan sonra kan akışı azalır, bedendeki düşük sıcaklık sebebiyle sinirlerde tahribat oluşabilmektedir. Soğuk havaya maruz kalmadan kaynaklı en sık görülen yaralanmalar çoğunlukla, parmaklar, ayak parmakları ve kulaklardır. Bunlara ek olarak vücudun üşümesi nedeniyle çatlamış deri sorunu ortaya çıkar [2]. Soğuk havalarda oluşabilecek sağlık sorunlarının yaşanmaması için insanların iki seçeneği vardır. Bunlardan birincisi soğuk havada kısa süreli bulunmak, ikincisi ise, soğuk stresi azaltmak için kişisel ısıtıcı tulum (KIT) giymektir. Böylece vücut sıcaklıkları optimum şekilde kalmaktadır. Diğer bir yaklaşım, vücudu sıcak tutmak için KIT'lerle aktif ısıtmadır. Tüm evin ısıtılmasına kıyasla vücut etrafındaki mikro iklimin ısıtılmasının daha fazla enerji tasarrufu sağlayacağı beklenebilmektedir [3]. Artan enerji maliyetleri ve aşırı tüketim bilinciyle, hem iç hem de dış mekânlarda soğuk kışlarda vücudu sıcak tutmak için KIT kullanmak akıllıca olacaktır. Üçüncü yaklaşım, vücudun kendi ısını korumak için pasif bir ısıtma yöntemi olan ayakkabı, eldiven ve şapkalar dâhil olmak üzere geleneksel kalın çok katmanlı giysileri kullanmaktır. İnsanlar vücutlarını termo nötr bir durumda tutmak için birkaç kat yüksek yalıtımlı giysi giyebilmektedir.

1.2. Tezin amacı

Bu çalışmada, bireyin ortam ısı değişiminden minimum düzeyde etkilenmesini sağlayan alternatif giyilebilir teknolojik bir ürün tasarımı amaçlanmıştır. İstenilen sıcaklık bilgileri bir sensör vasıtasıyla tespit edilerek, mikroişlemci ile ürün yapısı içerisindeki hava miktarını otomatik olarak arttıran ve bu yolla ısı yalıtım sağlayan konsept bir ürün oluşturulmuştur. Öncelikle algoritma geliştirilmiştir. Algoritma çerçevesinde gerekli malzemelerle ürün tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan ürün için performans değerlendirmesi de yapılmıştır.

1.3. Teknik ve Akıllı Tekstil

1.3.1. Teknik Tekstiller

Tekstil, modern toplumda her yerde bulunmaktadır. İnsan vücudunu koruma ve kişiyi temsil etmek üzere giyilmektedir. Tekstil ürünleri sadece insan giyimi ile sınırlı kalmayarak çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Evlerde, ofislerde, hastanelerde, otellerde veya kamu binalarında dekorasyon ve konfor unsuru olarak, arabalarda,

otobüslerde, trenlerde, gemilerde ve uçaklarda iç aksam olarak veya çadır, çatı yapı elemanları olarak, köprüler veya yollar ve setler için takviye olarak değil, aynı zamanda spor ve açık hava etkinliklerinde çanta, ağ veya suni çim olarak da kullanılmaktadır [4]. Normalde tekstil sektörü geleneksel bir sektör olarak görülse de günümüzde yeni iş stratejilerinin temel test alanlarından biri haline gelmiştir. Bir yandan maliyetleri düşürürken diğer yandan da diğer rakiplerden farklılaşmayı sağlayan süreç yenilikleri ile ulaşılabilen yeni pazar standartları, çok önemli bir rekabet unsuru haline gelmiştir. 80'lerin ortalarından bu yana, tekstil ürünleri pazarı radikal bir şekilde değişmeye başlamıştır ve düşük yenilik ve teknoloji seviyesi ile tanımlanan standart üretimler, orta ila düşük kalite, zayıf müşteri hizmetleri - yüksek ürün ile tanımlanan karmaşık üretimler son teknoloji süreç teknolojilerinin ve ürün araştırmalarının kullanımı ile yenilik seviyesi, güçlü bir estetik unsurun yanı sıra belirli ve yüksek kalite seviyeleri, gereksinimleri karşılayan hızlı zamanlama, üretim esnekliği ve müşteri hizmetleri arasında çeşitli alanlara ayrılmıştır. Bunların yanı sıra, son zamanlarda tekstil alanında yeni malzemelerin koruma, konfor ve performans sunabilen dinamik ve etkileşimli ürünler yapılmasına izin vermiş olduğu yeni bir aşama mevcut hale gelmiştir. Tekstil malzemeleri bu nedenle tamamen yeni bir dizi uygulamanın temeli haline gelmektedir [5].

Son yıllarda tekstile farklı bir yaklaşım getirilmektedir. Kumaşların sadece grafiksel olarak yorumlanacak bir yüzey olarak değil, kendine özgü yapısı ve performansı ile tüm amaçlara yönelik bir malzeme olarak kabul edilmesi bu alanı daha da genişleten bir unsurdur. Teknik tekstiller sektöründe, genellikle son derece teknolojik olan ve son kullanıcı birey için özel gereksinimler gerektirdiği ve maliyetinin artık dikkate alınan tek parametre olmadığı çok sayıda nadir ürün bulunmaktadır. Yenilikçi özelliklere sahip olan tekstillerle ilgili olarak pazar hızla büyümektedir [6]. Aynı zamanda birçok yeni ürün ve uygulama geliştirme süreci devam etmektedir. İnsan bilimini, malzemeleri ve bilgi teknolojisini çapraz olarak bütünleştiren teknolojik evrim, yeni ürün ve uygulamaların geliştirilmesine yönelik yaklaşım olumlu bakış açıları öngörmeyi sağlamaktadır. Bu nedenle bu alanda olan genel eğilim, yalnızca çekici görünmek için değil, aynı zamanda işlevsellik açısından önemli bir katma değer sunmak adına tasarlanmış yüksek teknoloji, yüksek performanslı kumaşlara yönelik olmalıdır [7].

1.3.2. Teknik Tekstil Uygulamaları

Özel uygulamalar alanında, teknolojik varlıklar, en yüksek performans ve konfor standartlarını sağlayan ve daha iyi bir yaşam kalitesi sağlayanlardır. Halihazırda riskleri azaltabilen kumaşlar bulunmaktadır. Bunlar; antibakteriyel, akar geçirmez, böcek geçirmez, kokusuz, alev geciktirici, toprağa dayanıklı, anti-UV ve anti-elektromanyetik radyasyon vb. gibidir. Diğer kumaşlar aktif olarak çalışma özelliği göstermektedir. Bunlar ise ısı düzenleyici, yeni görsel özelliklerle veya kozmetik-tıbbi etkiler sağlama vb. gibi örneklendirilebilmektedir.

1.3.2.1. Giyim

Deri, insan vücudunu dış etkenler ve çevreden ayıran ve koruyan temel bir unsurdur. Aynı zamanda, vücut ve çevre arasında büyük bir enerji (örneğin ısı) ve madde (su, oksijen vb. gibi sıvılar ve gazlar) değişim sistemi olarak da işlev görmektedir. Yapay deri olarak kabul gören giysiler, insanlar tarafından korunmak adına kullanılmış ve geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu tür ekstra koruma özellikleri genellikle, tam vücut zırhı, itfaiyeciler, üniformalar veya dalgıç kıyafetleri için kullanılmaktadır. Ancak bu özel giysiler bazı durumlarda çok ciddi bir şekilde insan vücudunun yani derisinin işlevselliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir [8]. Fonksiyonel ve akıllı giysiler, bu tür sınırlamalara yenilikçi bir bakış açısı oluşturmaktadır. Fonksiyonel giysiler, güçlü yalıtım, suya veya yangına dayanıklılık, nefes alabilirlik, aşınma direnci vb. bir veya birden fazla belirli işlevselliğin vurgulandığı ürünleri ifade etmektedir. Akıllı giysiler, işlevlerini bir arada sunabilen ürünlere atıfta bulunarak (çoklu) işlevselliği bir adım öteye taşımaktadır. Bu durum çevreden veya kullanıcıdan gelen uyarılara yanıt olarak daha uyumlu bir yoldur [9]. Akıllı giysilerin birtakım işlevleri vardır. Bunlar aşağıda verilmiştir.

1. Yalıtım işlevlerinin sıcaklığa göre uyarlanması,
2. Değişiklikler,
3. Kullanıcının vücudunun hayati sinyallerini algılaması,
4. Tanımlı uyarılara göre rengi değiştirmesi veya ışık yayması,
5. Tıbbi ve diğer elektronik cihazlara güç sağlaması için elektrik enerjisi üretmesi veya biriktirmesi [10].

1.3.2.2. Koruyucu Giysiler

'Koruyucu giysiler' terimi, insanları işleri sırasında veya boş zaman etkinlikleri sırasında elementlere, tehlikeli maddelere, işlemlere veya olaylara karşı korumayı amaçlayan giysi ve aksesuarları kapsamaktadır. Aynı zamanda ürünleri, işyerini veya çevreyi insanlara karşı korumaya yönelik giysileri (temiz oda giysileri gibi) kapsamaktadır. Koruyucu giysi talebi yalnızca artan sanayileşme seviyelerinden değil, aynı zamanda sağlık, güvenlik ve hijyen mevzuatına ilişkin artan farkındalıktan da etkilenmektedir. Artan askeri operasyonlarla birlikte şiddet içeren suçlardaki yükselen eğilim, polis, sivil savunma ve orduya yönelik yaralanmaları azaltmayı amaçlayan kamu harcamalarında artışlara yol açmıştır [11].

Ana son kullanım segmentleri şunları içerir:

- Partikül koruması (temiz oda),
- Kimyasal koruma,
- Alev geciktirici,
- Kesilmeye dayanıklı,
- Dış mekan koruması,
- Yüksek görünürlük.

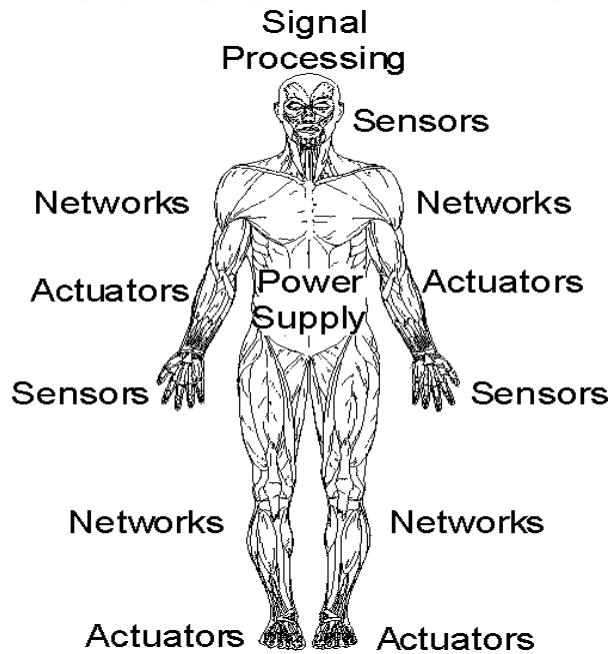
Koruyucu giysi üreticileri de kullanıcılara rahat giysiler sağlama ihtiyacının farkına varmaktadır [12]. Aslında, garantili yüksek performans seviyeleri olan koruyucu giysiler çok önemli olmalarına rağmen bu ürünlerde kullanıcı konforu ve tasarım estetiğine daha fazla önem verilmektedir [13].

1.3.3. Akıllı Sistemler

Pazarlardaki rekabet, ürünlerin kalitesinin ve güvenilirliğinin kalıcı olarak geliştirilmesini gerektirmektedir. Otomasyon, güvenlik ve konfor için artan talep, tamamen yeni uygulama alanlarına yol açmaktadır [14]. Yeni gereksinimlere ayak uydurmak, bilim ve teknolojiye son gelişmelerden yararlanan yeni yaklaşımlara dayalı çözümler gereklidir. Bu bağlamda teknoloji, cihazlar, tasarım yöntemleri, iletişim ve sinyal işleme alanlarındaki yeni gelişmelerden yararlanan akıllı sistemler gelecekte kilit rol oynayacaktır [15].

Teknolojik minyatürleştirme ve entegrasyon önlemleri [15] ve gömülü devrelerde verimli sinyal işleme algoritmalarının uygulanmasının yanı sıra ağ cihazları ile akıllı sistemler ve cihazlar, yüksek düzeyde kalite ve güvenilirlik gibi üstün özelliklere sahip ürünleri gerçekleştirme olanağı sağlamaktadır. Mükemmel statik ve dinamik performans, kullanım ve bakım kolaylığı ve düşük maliyetler de sağlanan olanaklardandır. Düşük maliyetli analog-dijital dönüştürücüler aracılığıyla, sinyal işleme giderek daha yüksek sistemlerden daha fazla işlev içeren dağıtılmış akıllı sistemlere kaydırılmaktadır. Bu nedenle kalite ve güvenilirlik artmaktadır. İletişim teknolojilerinden yararlanılarak günümüzde sinyaller, farklı bileşenler arasındaki mesafeden bağımsız olarak kayda değer bir hassasiyet kaybı olmadan iletilebilmektedir. Dijital sinyal işleme alanındaki çeşitli tesisler, ürün özelliklerinin iyileştirilmesi için yeni yaklaşımlar içermektedir [16].

"Akıllı sistem" genel terimi, sensörler, aktüatörler, bir ağ ve bir sinyal işleme biriminden oluşan farklı sistem türlerini içermektedir. İnsan bedeni akıllı bir sistem için model olarak alınabilmektedir (şekil 1.1). Duyuları, sensörleri temsil etmektedir. Kasları ise harekete geçiricileri temsil etmektedir. Sinirleri bir iletişim ağı olarak çalışmakta ve beyin merkezi sinyal işleme birimini temsil etmektedir.



Şekil 1.1 Akıllı Bir Sistem Olarak İnsan [17]

Akıllı bir sistemi diğerlerinden ayıran temel özelliği, yerel olarak gömülü analog veya dijital sinyal işlemedir. Robotik, otomobil endüstrisi ve akıllı ev gibi birçok

uygulamada veya genel olarak mobil uygulamalarda, boyut veya ağırlıkla ilgili katı gereksinimler vardır. Bu nedenle akıllı sistemlerin ayrıca zorunlu olarak minyatürleştirilmesi gerekmektedir [18].

Kompakt dağıtılmış ise cihazlardan, gelişmiş üretim teknolojilerinden ve sinyal işleme algoritmalarından yararlanan akıllı sistemler, teknik ürünlerin kalitesinin, güvenilirliğinin ve ekonomik verimliliğinin iyileştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunan umut verici teknik çözümler sunmaktadır [18].

Akıllı sistemlerin ve cihazların tasarımı yalnızca matematik, fizik ve kimya gibi temel bilgilerden değildir. Aynı zamanda üretim teknolojileri, iletişim platformları ve tasarım ve sinyal işleme yöntemleri gibi alanlardaki yeni gelişmelerden de yararlanmaktadır [19]. Bu alanlardaki bilgi birikimi, sensör aktüatörleri, donanım ve yazılım gibi akıllı bir sistemin belirli donanım ve yazılım bileşenlerinin geliştirilmesi için temel teşkil etmektedir [20]. Sensörler, dönüştürücüler, aktüatörler ve güç elektroniği cihazları gibi çeşitli akıllı cihazlar günümüzde teknik sistemlerde kullanılmaktadır. Akıllı sistemler, bireysel ürünlerin pazar kabulü için daha fazla işlevin belirleyici hale geldiği tüm uygulama alanlarında genel olarak önem kazanmaktadır [21]. Üretim otomasyonu, süreç kontrolü, çevre mühendisliği, biyoteknoloji, robotik, otomobil endüstrisi, akıllı ev ve yaşam bilimi uygulamaları gibi birçok uygulama alanında kilit rol oynayacağı düşünülmektedir [22].

1.3.4. Akıllı Tekstiller Tanımı ve Sınıflandırılması

Akıllı tekstiller, çevresel koşulları veya mekanik, termal, kimyasal, elektrik veya manyetik kaynaklardan gelen uyarıları algılayabilen ve tepki verebilen tekstiller olarak tanımlanmaktadır [23]. Fonksiyonel aktiviteye göre akıllı tekstiller üç kategoride sınıflandırılabilir [24]. Bunlar aşağıda verilmiştir.

Pasif Akıllı Tekstiller: Sadece çevresel koşulları veya uyarıları algılayabilen ilk nesil akıllı tekstillere Pasif Akıllı Tekstil denmektedir [25,26].

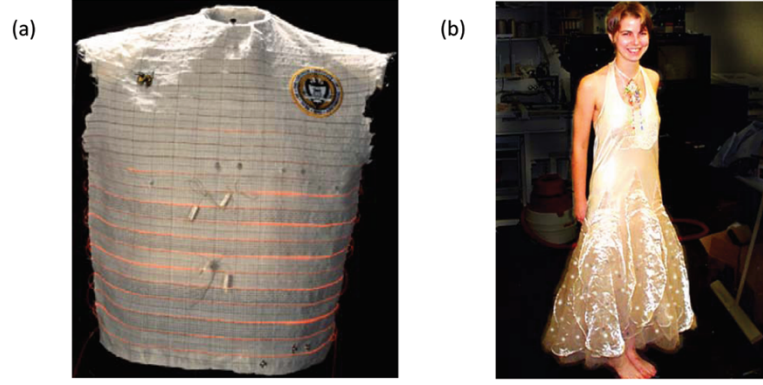
Aktif Akıllı Tekstiller: İkinci nesil hem aktüatörlere hem de sensörlere sahiptir. Aktüatörler, ya doğrudan ya da bir merkezi kontrol ünitesinden algılanan sinyale göre hareket etmektedir. Aktif akıllı tekstiller, şekil hafızalı, bukalemun, suya dayanıklı ve buhar geçirgen (hidrofilik/gözeneksiz), ısı depolamalı, termo ayarlı, buhar emici, ısı üreten kumaş ve elektrikle ısıtılan giysilerdir [27].

Ultra Akıllı Tekstiller: Çok akıllı tekstiller, çevresel koşulları veya uyaranları algılayabilen, tepki verebilen ve kendilerini uyarlayabilen üçüncü nesil akıllı tekstillerdir. Çok akıllı bir tekstil, esasen beyin gibi çalışan, biliş, muhakeme ve harekete geçirme kapasiteleri olan bir birimden oluşmaktadır. Geleneksel tekstiller ve giyim teknolojisinin malzeme bilimi, yapısal mekanik, sensör ve aktüatör teknolojisi, ileri işleme teknolojisi, iletişim, yapay zekâ, biyoloji vb. gibi diğer bilim dallarıyla başarılı bir şekilde bir araya gelmesiyle oluşmaktadır.

Yeni elyaf ve tekstil malzemeleri ve minyatür elektronik bileşenler, gerçekten kullanılabilir akıllı giysiler yaratmak için akıllı tekstillerin hazırlanmasını mümkün kılmaktadır. Bu akıllı giysiler, sıradan giysiler gibi giyilir ve tasarlanan uygulamalara göre çeşitli durumlarda yardımcı olmaktadır [28].

1.3.5. Akıllı tekstil geliştirmenin karşılaştığı zorluklar

Akıllı tekstillerin ilk kategorisi, giyilebilir bilgi işlem vizyonuna yakın kalmıştır. Burada önemli olan hedef tek bir işlevselliğe (örneğin, elektriksel veya optik iletkenlik) sahip lifler ve iplikler kullanarak tekstillerin içinde kolayca yeniden yapılandırılabilen ara bağlantı teknolojilerini tasarlamak olmuştur. Bu ara bağlantılar, tasarlanan sistem performansını elde etmek için standart hazır bileşenlerle birleştirilmiştir. Mesela; Georgia Tech Giyilebilir Anakart (Şekil 1.2a), 1996'dan itibaren geliştirilen erken dönem akıllı bir tekstil ürünü olmuştur [29]. Bunu, hibrit akıllı tekstiller elde etmek için nakış gibi çeşitli yeni tekstil üretim yöntemlerinden yararlanan ikinci bir akıllı tekstil kategorisi izlemiştir. Bu akıllı tekstillerde, kumaş genellikle tekstil cihazının veya devresinin önemli bir parçasını oluşturmuştur. Akıllı tekstil tasarımına geleneksel elektronik sistem tasarımı seviyesinde ulaşılmıştır. Ancak tekstilin kendisinde giderek daha fazla fonksiyon elde edilmiştir. Geleneksel tekstil üretim yöntemlerinin (ör. dokuma veya nakış) baskılı devre kartı tasarımı gibi geleneksel elektronik devre üretim yöntemleriyle birleştirilmesine de yeni bir vurgu yapılmıştır. Bu kategorideki ilk örnekler, 1997 ve 1998'de MIT Media Lab tarafından geliştirilen kapitone ve işlemeli tuş takımlarını ve ateşböceği elbisesini (Şekil 1.2b) içermektedir [30].



Şekil 1.2 (a) Georgia Tech Giyilebilir Anakart (b) Ateşböceği elbisesi [30]

Daha karmaşık fiber düzeyinde elektronikler üretmeye yönelik ilk çabalar 2000'lerin başında görünmeye başlamıştır. Bu araştırma alanına bazen "fibertronics" de denmektedir. Bu araştırma çabalarının ardındaki felsefe, "cihaz seviyesinin altında" cihazlar ve mantık devreleri yaratmak, yani fiber seviyesinde daha yüksek dereceli elektronik fonksiyonlar elde etmek ve bireysel fiberlerden daha sofistike akıllı tekstiller uygulamaktadır. Bu araştırma çabaları genellikle daha çok teknoloji geliştirmeye odaklanmaktadır. Sistemler fiberden yukarıya doğru inşa edilmektedir. Mesela; lif düzeyinde akıllı tekstiller, basit ince film tabakalı transistör (TFT) devreleri ile esnek şeritler kullanılarak dokuma tekstil evirici devrelerine dahil edilmiştir [31].

Günlük hayatta akıllı tekstilin üretimi ve kullanımı sırasında mekanik olarak zorlu ortamlara maruz kalacağı için devrelerin son derece sağlam olması gerekmektedir. Akıllı tekstilin konforu ve yıkanabilirliği devrelerin varlığından etkilenmemeli, yani günlük hayatta kullanılmaya devam edecek kadar sağlam olmalıdır. Devreler, hafif olan ve birkaç saat boyunca (veya hedeflenen son kullanıcı uygulamasına bağlı olarak daha fazla) otonom çalışmayı sağlamak için yüksek kapasiteye sahip güç kaynakları gerektirmektedir. Ticari akıllı tekstillerin hem tekstil hem de elektronik alanındaki gereksinimlere uyması gerekmektedir. Bu özellikler genellikle çok katı ve çelişkili olabilmektedir [32]. Akıllı tekstil geliştirmenin karşı karşıya olduğu kritik zorluklardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Yıkanabilirlik Phillips ve Levi, 25 tarafından geliştirilmiştir. ICD tekstil kaplama gibi erken dönem ticari akıllı tekstiller, kullanıcının yıkamadan önce tüm elektronik bileşenleri (kablolar dahil) çıkarmasını gerektirmiştir. Daha yeni akıllı tekstil göstericileri hassas elektronik aksamaları yıkama sırasında hasardan korumak için su geçirmez ambalajlara güvenmektedir [33].

- Güç kaynakları konusunda akıllı tekstillerin çoğu geleneksel şarj edilebilir pillerle çalışmaktadır. Ancak bunlar büyük ve hacimlidir ve tekstil mimarisiyle tam olarak entegre edilmesi imkansızdır. Alternatif uyumlu ve hafif güç üretimi ve depolama cihazları geliştirmek için güçlü bir dürtü bulunmaktadır. Örnekler arasında esnek, veya elastik piller, süper kapasitörler ve güneş pilleri, termo ve piezo jeneratörler gibi enerji toplama cihazları sayılabilmektedir [34]. Ne yazık ki, bu cihazların hiçbirisi kapasite ve maksimum akım değeri açısından güç bakımından geleneksel pillere yaklaşmamaktadır [35]. Gelecek yıllarda akıllı tekstil uygulamaları için bu tür tekstil uyumlu güç kaynaklarının performansını iyileştirmek için acil araştırmalara ihtiyaç vardır.

- Ürün geliştirme ve ticarileştirmede elektronik ve giyim endüstrilerinden gelen dengesiz katkılar, eksik entegre uygulamalarla sonuçlanmaktadır. Elektronik alanda hala ürün geliştirmeyi domine etmektedir. Ve de sonuç olarak çoğu araştırma girişimi, mikroçip ve bilgisayar sistemlerini giysilere entegre etme veya yıkanabilirlik sorunlarının üstesinden gelme gibi teknik sorunları çözmeye odaklanmaktadır [36]. Giyim endüstrisi merkezli uygulama geliştirmeleri nadir bir şekilde sürmektedir. Bu sektörün özel ürün geliştirme ve işleme tekniklerini dikkate almamakta veya entegre etmemektedir. Bu dengesizlik nedeniyle, elektronik ve modanın tam entegrasyonunu sağlamak zordur [37]. Akıllı tekstillerin kendilerini hem geleneksel giysilerden hem de mevcut elektronik cihazlardan farklılaştırmada karşılaştığı zorluklar bulunmaktadır. Bunun için başarılı tasarım ve geliştirme, tekstil bilimcileri, polimer kimyagerleri, fizikçiler, biyomühendisler, yazılım mühendisleri, tüketici uzmanları ve moda tasarımcıları dahil olmak üzere çok disiplinli bir profesyonel ekip gerektirmektedir [38]. Ayrıca, farklı araştırma laboratuvarları ve üniversiteler arasında akıllı tekstil gelişimi için tutarlı bir vizyon eksikliği bulunmaktadır. Ürün geliştirme ayrıca maliyetli ve çoğu zaman sonuçsuz bir çaba olabilmektedir. Örneğin, 2004 yılında sadece Eleksen 109 tekstil klavye prototipi üretmiş ve sadece üç anlaşma yapmıştır [39]. Bu nedenle, akıllı tekstil ceketleri 3000\$'a kadar perakende satış yapan ortalama bir tüketici için akıllı tekstil ürünleri çok pahalı hale gelebilmektedir [40].

Elektronik cihazları giysilere entegre etme girişimleri, güvenlik endişelerine ve hedef kitle (örn. yaşlılar) tarafından kabul görmemesine neden olabilmektedir [41,42].

1.4. Akıllı tekstillerle ilgili çalışmalar

Değirmenci ve Serdar [43] yapmış oldukları ısıtıl regülasyonlu yatak tasarımında ortam ısısına bağılı olarak kendini ısıtan veya soğutan bir sistem üzerinde çalışmıştır. Çalışma sonucunda ± 2 °C'lik sıcaklık değişimini algılayan ve cevap verebilen bir yatak prototipi ortaya koymuşlardır.

Son zamanlarda, Tudu ve ark. [44], TiO₂ nanopartikülleri ve PFDTs kullanarak, mükemmel kimyasal dayanıklılık, yıkama dayanıklılığı, antibakteriyel ve yağ-su ayrımı gösteren basit bir daldırma kaplama yaklaşımı ile süperhidrofobik pamuklu kumaş hazırlamışlardır. Karimi ve ark. [45], grafen oksit/titanyum dioksit kaplamaya dayanan pamuklu kumaşın çok işlevli uygulamasının geliştirilmesine yönelik basit bir yaklaşım incelemişlerdir. Modifiye numuneler elektriksel direnç, kendi kendini temizleme, UV blokajı ve antimikrobiyal özellikler gibi çeşitli uygulamalar için değerlendirilmiştir. QA/AgNP'lerle işlenmiş pamuklu kumaş, ham pamuklu kumaştan daha yüksek nem geri kazanımı ve antibakteriyel özellikler göstermiştir. Pamuklu kumaşın yüzey modifikasyonu, pamuğun lazerle maruz bırakılması ve ardından gümüş nanopartiküllerin kaplanması ile gerçekleştirilmiştir [46].

Pal ve ark. [47] çok fonksiyonlu süperhidrofobik kumaştaki son gelişmeler ve bunların çeşitli imalat yöntemleri üzerine çalışmalar yapmışlardır. Yabancı maddelerin dahil edilmesi, fabrikasyon tekstil kumaşlarının ıslanma önleyici aktivitesini, tekstil malzemelerinin su itici, foto-katalizör, kendi kendini temizleyen kumaşlar, UV koruması, antistatik, alev geciktirici, leke geçirmez, kırışıklık direnci ve tekstil malzemelerinin ilaç verme özellikleri gibi alanlarda tekstillerin sayısız fiziksel özellik ile birlikte artırmaktadır. Uygulamalar her bir imalat teknolojisi türü için özetlenerek süperhidrofobik yüzeylerin üretiminde en gelişmiş ilerleme ve anlayışı ortaya çıkarmaktadır.

Sangeetha ve ark. [48]'e göre obstrüktif uyku apnesi, uykuya ilişkili solunum bozukluklarının ana nedenidir, burada solunum durmakta ve bazı işaret eden uykuda tekrar tekrar evrimleşmeye başlamaktadır. Uykuda solunum bozukluğu, bağışıklık sistemini ve yaşam kalitesini etkileyebilmektedir. Bu bakış, bir basınç sensörünün ve şilteler, yastık kılıfları ve pozisyonel uyku apnesi ile ayarlanmış solunum mikrofonu sensörünün duyuşal reaksiyonunu ölçerek uyku duruşunu ve uyku bozukluğu solunumunu tespit etmeyi amaçlamaktadır. Analiz için basınç sensörlerinin üç pozisyonda kullanılması sağlanmıştır. Solunum mikrofonu sensörü uyku süresi

boyunca solunum seviyelerini ölçmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, gelişmiş bir uyku izleme sistemi bulunmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT), sensörlere kaydedilen ve internet uygulamalarında görüntülenen bilgileri iletmek için kullanılmaktadır.

2016 yılında Hsu ve arkadaşları [49], IR-Radyasyon yayıcı olan ve insan vücudu ısısının nanogözenekli bir polietilen kullanarak geçmesine izin veren bir soğutma tekstil kumaşı geliştirmişlerdir. Nanogözenekli polietilenin (nanoPE) insan vücudundan gelen orta kızılötesi radyasyona karşı şeffaf olup olmadığını araştırmışlardır. Gözenek boyutu dağılımı nedeniyle, nanoPE görünür ışığa karşı şeffaf değildir. Bu kapsamda, yeterli hava geçirgenliği, su fitil oranı ve mekanik mukavemet gibi iyi özelliklere sahip giyilebilir bir tekstili geliştirmek için çalışılmıştır. Cilt sıcaklığını simüle etmek ve insan bezi olarak IR şeffaf olan ve kişisel termal yönetim için kullanılabilecek uygun malzemeyi araştırmak için bir cihaz geliştirilmiştir. NanoPE, insan vücudunun soğutulması için iyi bir IRtransparent tekstildir. Ayrıca H şeklindeki bir metal parçası, termal görüntüleme kullanılarak tekstil IR geçirgenliğini göstermiştir [49].

Daha sonra 2017'de Hsu ve arkadaşları [50], insan vücudunu soğutmak ve ısıtmak için kullanılabilecek çift modlu bir tekstil ürünü geliştirmişlerdir. Herhangi bir enerji girişi olmadan aynı tekstil parçasını kullanarak hem pasif ışımsal ısıtma hem de soğutma yapabilen çift modlu bir tekstil üretmişlerdir. Bu çift modlu tekstil, kızılötesi-şeffaf nanogözenekli polietilen (nanoPE) tabakasının içine gömülü çift katmanlı bir yayıcıdan oluşuyordu. Ayrıca, nanoPE kalınlığının emisyonluluğunun ve asimetrik özelliklerinin iki farklı ısı transfer katsayısına neden olabileceğini ve düşük emisyon tabakasının dışarıya bakarken ısınmaya neden olabileceğini ve yüksek salınım tabakasının dışa bakarken tekstilin aşınmasıyla soğumaya neden olabileceğini de ifade etmişlerdir. Tasarımda, her iki tarafında farklı emisyonlara sahip olan çift katmanlı termal yayıcı, her iki tarafta asimetrik kalınlıklara sahip olan nanoPE tekstilinin içine gömülmüştür. NanoPE IRtransparent olduğundan, içindeki yayıcı ortama doğru serbestçe yayılabilmektedir. Emisyonluluk ve sıcaklık, çift katmanlı yayıcı ve nanoPE kalınlığı tarafından sırasıyla sıcak taraftan (insan derisi) daha yakın veya daha uzak olması bakımından kontrol edebilmektedir. Çift modlu tekstil için, ortam sıcaklığı düşük olduğunda, cilt sıcaklığı 32° C'nin altına düşerse, çift modlu tekstil ısıtma moduna girmekte ve cilt sıcaklığının yükselmesini sağlamaktadır. Ortam sıcaklığı çok

yükseldiğinde, tekstil soğutma moduna geri dönmektedir. Sonuç olarak, çift modlu tekstil cilt sıcaklığını 32° C'den 36° C'ye kadar koruyabilirken, 9 °C'lik ortam sıcaklığı oluşabilmektedir [50].

2019 yılında Zhu ve arkadaşları [51] tarafından, insan sağlığı durumu hakkında önemli bilgiler verebilecek çeşitli fizyolojik sinyallerin algılanmasına ek olarak, insanın yürümesinden ve zıplamasından enerji toplamak için Piezoelektrik ve triboelektrik hibrit mekanizma kullanılarak kendi kendine çalışan işlevsel bir pamuklu çorap geliştirilmiştir. Yongaları hibrit bütünleştirerek, enerji toplama ve çeşitli fizyolojik sinyalleri, yani yürüyüş, temas kuvveti, ter seviyesi vb. algılamayı içeren çeşitli işlevleri gerçekleştirmek için kendi kendine çalışan işlevsel bir çorap (S2-çorap) geliştirmişlerdir. Çalışma, günlük olarak giyilen pamuklu çorapların, gelecekte kablosuz iletim modülleri ve entegre devrelerden oluşan çorapları etkinleştirmek için potansiyel olarak bir güç kaynağı olabileceğini göstermiştir. Ayrıca, aşağıdaki gibi çevresel koşulların etkilerini de araştırmışlardır; nem, sıcaklık ve ağırlık değişimleri ve S2 çoraplarının akıllı ev uygulamaları için yürüme paterni tanıma ve hareket izlemeyi başarıyla gerçekleştirebildiği ifade edilmiştir. Sensör füzyon konseptine dayanarak, egzersiz aktiviteleri altındaki TENG ve PZT sensörlerinden gelen çıkışlar, ter seviyesinin hızlı bir şekilde algılanması için bir araya getirilmiştir. Hibrid S2-çorabından yararlanılarak ayak tabanlı enerji toplama uygulamalarında daha fazla işlevsellik elde edilebilmekte ve sağlık hizmetleri, akıllı evler vb. için çeşitlendirilmiş fizyolojik sinyallerin izlenmesi sağlanabilmektedir [51].

2017 yılında Lin ve arkadaşları [52], sağlık izleme ve akıllı tekstilleri entegre etmeye dair başka bir çalışmada ise, uyuyan bir bireyin elektrik gücü üretmek ve uyku kalitesini değerlendirmek için yatak üzerinde uyguladığı basıncı kullanan bir uyku izleme özelliğine sahip bir yatak geliştirmişlerdir. Triboelektrik nanogeneratör (TENG) dizisine dayanan gerçek zamanlı ve kendi kendine çalışan uyku davranışı izleme için basınca duyarlı, büyük ölçekli ve yıkanabilir akıllı tekstile sahip bir çarşaf ile ilgili bilgiler paylaşılmıştır. Bu akıllı tekstil, dalga yapısına sahip iletken elyaflar ve elastomerik malzemeler tarafından üretilmiştir, TENG üniteleri yüksek hassasiyet, hızlı tepki süresi, dayanıklılık ve su direnci gibi arzu edilen özellikleri sunmakta ve birbirine bağlanarak bir basınç sensörü dizisi oluşturmaktadır. Öte yandan, gerçek zamanlı uyku davranışı izleme ve uyku kalitesi değerlendirmesini gerçekleştirmek için son derece entegre veri toplama, işleme ve kablosuz iletim sistemi kurulmuştur ve

sensörle donatılmıştır. Çalışma ayrıca, bu akıllı tekstilin acil durumlar için kendi kendine çalışan uyarı sistemi olarak da hizmet edebileceğine ve klinik olarak türetilmiş alarm durumunda sağlık personelinin tanıyıp uyarabileceğine dikkat çekmiştir. Bu çalışmada kullanılan akıllı tekstil ürünü temel olarak üç katmandan oluşmaktadır: Üst ve alt katmanlar triboelektrik tabakalar olarak tamamen dik kolon ve sıra iletken elyaf dizilerinden yapılmıştır. Ve dalgalı şekilli bir PET filmi, iki iletken lif tabakası tarafından sarılmıştır. Dış basınç akıllı tekstile uygulandığında, orta PET tabakasının yapı değişimi, iki iletken tabaka ile temas alanının değişmesine neden olmakta ve aralarında elektriksel bir potansiyel fark oluşmaktadır [52].

Liu ve arkadaşları [53] kendi kendini şarj eden tekstiller için yüksek enerjili asimetrik süper kapasitör ipliklerinin kullanımı üzerine çalışmışlardır. Yeni çalışmaları, tekstil üretiminde hâlihazırda kullanılan geniş elektrifikasyon lifleri ve mikrofiberlerin muazzam yüzey alanı için tekstil bazlı bir enerji toplama triboelektrik nanogeneratörler (TENG) yöntemini birleştirmiştir. İplik süper kapasitörü, hidrotermal olarak kendinden montajlı azaltılmış grafen/karbon nanotüpler kaplamalı negatif iplik elektrodundan oluşurken, pozitif elektrot NiCo bimetallik oksihidroksit kaplamaya sahiptir. İletken iplikler polidimetilsiloksan (PDMS) ile kaplanmış ve ortak kumaşlara dokunmuştur. Mekanik özellikleri test etmek için bükme testi de yapılmıştır, 180°'de 2000 bükme döngüsünden sonra kumaşın direnci sadece %5,1 artmıştır. Başka bir testte, Cu kaplı elyaf, $1,1 \times 10^4 \text{ S cm}^{-1}$ 'lik bir iletkenlikte ($\times$) esnek iletken malzemelerin çoğunun bildirdiğinden çok daha elektriksel iletkenidir. Sonuçlar, elde edilen Cu kaplı ipliğin hafif, yüksek iletken, mekanik olarak esnek olduğunu ve bu nedenle enerji depolanmasında tekstillerde 1D elektrot olarak uygun olduğunu göstermektedir [53].

İnsan hareketinin mekanik enerjisi, Y-ASC'yi şarj etmek için YTENG tarafından elektriğe dönüştürülmesi sağlanmıştır. Cihazın giyilebilir elektronikteki uygulamasını göstermek için, seri olarak bağlı iki Y-ASC, ortak tekstillere dahil edilmiştir. Şarj edildikten sonra, bu yumuşak enerji depolayan kumaş kırmızı bir LED'e güç verebilmektedir.

Zhang ve arkadaşları [54] çalışmasında, insan vücudu için tekstil ipliklerindeki komşu kaplamalı lifler arasındaki mesafeye bağlı elektromanyetik bağlantı kullanarak kişisel termal yönetim için termal radyasyonu doğrudan düzenlemek için IR'ye uyarlanabilir

bir tekstil geliştirmişlerdir. Bu şekilde, insanların termal rahatsızlığa karşı birleşik sıcaklık-terleme tepkisi, radyasyonun tekstil yoluyla uyarlanabilir geçişine izin vermek için doğrudan kullanılmış olmuştur [54].

Her tekstil ipliği, aşağıdaki yollarla işlev gören bir metafiber demetinden oluşmaktadır;

(i) Polimer tekstil liflerine kontrollü miktarlarda eklenen bir meta-element (tipik olarak iletken bir malzeme) ve

(ii) Sıcaklıktaki değişikliklere veya cildin bağıl nemine doğrudan cevap veren bir alıştırma mekanizmasıdır.

Sıcak ve ıslak olduğunda, iplik sıkı bir demet halinde çökmekte ve komşu metafiberleri, IR emisyonunu cildinkiyle spektral olarak örtüőecek şekilde kaydıran rezonans elektromanyetik kuplajına getirmektedir. Bu, insan vücudunun ışınlısal soğumasını teşvik etmek için bezi etkili bir şekilde açmaktadır.

Hidrofobik ve hidrofilik etkiler nedeniyle, bimorf lifler, çevreye tepki olarak insan derisinde terleme olarak ortaya çıkan bağıl nemin bir fonksiyonu olarak lifler arası aralığı değiştirmek için harekete geçebilmektedirler. Elyafın selüloz bileşeni su moleküllerini emebilirken, triasetat tarafı ememediğinden, bu hidrofilik-hidrofobik yan yana yapı, farklı bağıl nemlerde diferansiyel genleşmeye yol açarak, örme kumaş içindeki liflerin daha sonra mekanik olarak alıştırılmasına neden olarak giyside dinamik olarak ayarlanabilir IR geçişini sağlamaktadır.

Meta bağlantı mekanizması, tipik olarak bir tekstilde bulunan rastgeleliğe ve tekdüzeliğe duyarlı değildir. Düzlem içi mekansal rastgelelik, emisyonluluğu %30'a varan büyük bozukluklar için bile, sadece ~%10 oranında azaltmıştır. Bağlantı etkisi ayrıca eksenel rastgeleliğe duyarsızdı ve %30 eksenel rastgelelik için emisyonda sadece %2 varyasyona neden olmuştur. Ayrıca, bu yapısal değişiklikler yerel olarak meydana gelerek, kumaşın küresel olarak bozulmasını önlemekte ve bu da giyim için istenmeyen bir durum ortaya çıkarmaktadır [54].

1.5. Giyilebilir Teknolojiler

1.5.1. Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir teknolojiler, giyilebilir cihazlar veya ayrıca giyilebilir teknoloji terimleri, küçük elektronik ve mobil cihazları veya insan vücuduna giyilebilen aletlere, aksesuarlara veya kıyafetlere dahil edilen kablosuz iletişim yeteneğine sahip bilgisayarları veya hatta mikro çipler veya akıllı dövme gibi istilacı versiyonları ifade etmektedir [55]. Günümüzün akıllı telefonları ve tabletleri ile karşılaştırıldığında, birincil katma değer, giyilebilir cihazların biofeedback veya biyometri ile ilgili olanlar gibi diğer duyuşal fizyolojik işlevler de dahil olmak üzere çeşitli izleme ve tarama özellikleri sağlayabilmesidir [56]. Giyilebilir cihazlar, bu değerleri sürekli olarak ölçebilmekte; kullanışlı, kesintisiz, taşınabilir ve elektronik cihazlara eller serbest şekilde erişim sağlayabilmektedir.

Günümüzün giyilebilir cihazları, başlangıçlarının üzerinden çok gelişim göstermişlerdir, ancak hala bebeklik dönemlerdir denebilir. Çoğu insan hala bir etkinlik izleyici ve bir akıllı telefonun bir kombinasyonunu kullanmaktadır, deneyimlerini adım sayısı ve kalp atış hızı ile sınırlandırmaktadır. Gerçekten de, giyilebilir bir ekosistem bağlamında toplanan ve işlenen verilerin çeşitliliği, insanlık için benzeri görülmemiş bir kullanıcı deneyimi sunabilmektedir [57]. Geleneksel spor izleyicilere, akıllı saatlere, vücut kameralarına, kalp atış hızı ölçerlere ve gözlüklere ek olarak, yeni nesil giyilebilir cihazlar da artırılmış, sanal, karma ve geliştirilmiş gerçeklik cihazları, çeşitli akıllı kıyafetler ve endüstriyel giyilebilir ekipmanları içermektedir.

Bilgi-iletişim teknolojilerin endüstrisinin öngördüğü gibi, erken benimseyenlerin neredeyse %70'i hayatlarını yeni nesil giyilebilir cihazlarla ilişkilendirmeye ilgi duyduklarını göstermiştir [58]. Ağırlıklı olarak, bugün piyasada bulunan IoWT'nin önemli bir kısmı, iyi tasarlanmış giriş ve çıkış arayüzleriyle birlikte ses ve hareket kontrolünü kullanarak akıllı telefon benzeri bir deneyim sunmaktadır.

Bununla birlikte, minyatürleştirme trendi, taşınabilirlik, kablosuz iletişim, enerji tasarruflu bilgi işlem ve gelişmiş ekran teknolojileri, son teknoloji akıllı cihazlar oluşturmak için birleştirilmiştir. Bu cihazların patriği, bir akıllı telefon, 2019 yılında piyasaya sürülmüştür ve akıllı medya şimdi bir sonraki büyük inovasyon dalgasına liderlik etmek için hazır görünmektedir. Geleneksel akıllı telefonlar giyilebilir

cihazlarla karşılaştırıldığında, her ikisinin de artılarının ve eksilerinin olduğu görülecektir. Geleneksel bir akıllı telefonun asıl iyi yönü, boyutuna göre daha az güç tüketimi nedeniyle çeşitli performans metriklerinde daha yüksek verim sağlamasıdır. Öte yandan, giyilebilir cihazlar ise pil yönünden çok kısıtlı cihazlardır, ancak dünyayı hızla değiştirme potansiyeline de sahiptirler.

1.5.2. Giyilebilir Teknolojilerin Sınıflandırılması

Genel olarak, giyilebilir cihazların sınıflandırılması, çeşitli faktörlere dayanarak farklı perspektiflerde özetlenebilmektedir. Giyilebilir ve taşınabilir cihazlar benzer işlevselliğe sahip olabilmektedir, ancak tamamen farklı form faktörlerine, teknoloji seviyelerine, farklı vücut konumlarına vb. sahip olmaları da muhtemeldir. Bu nedenle, en geniş sınıflandırma, diğer sınıflandırma grupları önemli ölçüde örtüşse de uygulama türüne dayanmaktadır.

En geniş sınıflandırmalardan biri, aşağıdaki uygulama/işlevsellik türlerine karşılık gelmektedir, ancak bunlarla sınırlı değildir ve Tablo 1.1'de alfabetik olarak sıralanmıştır.

Sınıflandırma için bir diğer önemli faktör, cihaz tipi ile ilgilidir. Türler Tablo 1.2'de sistematik hale getirilmiş ve alfabetik olarak sıralanmıştır.

Tablo 1.1 Giyilebilir uygulama/işlev türlerine göre sınıflandırma

Tip	Kısa açıklama
İletişim işlevselliği (C)	Verileri yerel olarak işlemek yerine çevredeki düğümler ve/veya bulut ile değiş tokuş etme potansiyeli sağlar.
Kontrol/giriş işlevselliği (CI)	Akıllı düğmelerden gelişmiş hareket algılama cihazlarına kadar geniş bir giriş cihazı alanına sahiptir. Bu grubun ana görevi, kural olarak küçük bir form faktörü tutan cihazların kullanılabilirliğine odaklanan geleneksel İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (HCI) girdisini artırmaktır.
Eğitim ve profesyonel sporlar (ES)	Asistanları izleyerek eğitim ve öğretimi iyileştirmeyi hedefler.

Tablo 1.1. Giyilebilir uygulama/işlev türlerine göre sınıflandırma (devamı)

Tip	Kısa açıklama
Eğlence, oyun ve boş zaman işlevselliği (E)	Algı deneyiminin iyileştirilmesini, örneğin ses sistemleri, kişisel eğlence ekranları vb. kapsamaktadır.
Dikkat, Eller Serbest Bilgi (H)	Kişisel asistanlar, AR, XR, Uzak Uzman Cihazlar, giyilebilir kameralar vb. kullanarak kullanıcıya geleneksel veri sağlama yöntemlerini sağlar.
Sağlık/tıbbi işlevsellik (HM)	Cihaz geliştirme ve test etmede önemli çaba gerektiren tıbbi cihaz statüsü elde etme ihtiyacı ve ayrıca elde edilen verilerin güvenilirliğinin yüksek düzeyde sağlanması ve benzer cihazları kapsayan ek sertifika ihtiyacı nedeniyle geleneksel algılama ve izleme olanlardan ayrılmıştır. ör. Elektrokardiyogram (EKG), Elektroensefalogram (EEG) monitörleri, gevşeme cihazları, nöral arayüzler, dış iskeletler vb.
Konum izleme işlevi (LT)	Gemide Küresel Navigasyon Uydu Sistemine (GNSS) veya en azından bir kablosuz iletişim teknolojisine sahip olunması gerekir. Buradaki kavram bir yandan düğümün bakış açısından konum farkındalığına, diğer yandan gerekirse cihazın uzaktan yerleştirilmesine karşılık gelir.
Bildirim işlevi (N)	Basit titreşim bildiriminden karmaşık AR uzantılarına kadar uzanır. Algılama işlevine benzer şekilde, buluta doğrudan veya ağ geçidi aracılığıyla bağlanan hemen hemen tüm kişisel cihazlar bu işlevi taşıyabilir.
Çıkış işlevselliği (O)	Kullanıcıya ve/veya çevredeki kişilere kişisel ekosistemden anında bilgi sağlamak için çeşitli görsel, işitsel veya dokunsal özellikli cihazlardır.
Emniyet ve Güvenlik işlevi (S)	Kişisel güvenlik cihazları, acil durum yardımcıları vb.
İzleme işlevi (M)	Bu işlevi uygulamak son derece basit ve ucuzdur. Genel olarak, yerleşik bir ivmeölçere sahip herhangi bir cihaz algılama sağlayabilir. (Fitness ve önleyici sağlık hizmetleri — Etkinlik İzleyiciler, EKG , EEG monitörleri vb.)
Evcil hayvanlar ve hayvanlar için giyilebilir cihazlar (PF)	Temel olarak akıllı tasmaları, kabuk tasmalarını, akıllı kıyafetleri vb. kapsar.

Türlerin çeşitliliği, genelleme düzeyini azaltarak daha da genişletilebilmektedir. Geniş benimseme perspektifinden bakıldığında, en sezgisel tüketici sınıflandırma faktörü, giyilebilir cihazın insan vücuduna yerleştirilmesiyle ilgilidir. Burada, ana gruplar (cihaz türü ile ilgili) Şekil 1.3'teki gibidir.



Şekil 1.3 Giyilebilir cihazların vücut üzerindeki konumuna göre sınıflandırılması

Başta monte giyilebilir cihazlar: Bunlar esas olarak algı ve kontrol yönlerine odaklanılır. Görme ile ilgili grup şunları kapsar: AR / VR / XR / MR gözlükleri, gevşeme maskeleri, HMD ve eğlence sistemleri. Sesle ilgili cihazlar arasında kulaklıklar, kişisel asistanlar, bas sistemleri bulunur. Bağımsız bir grup, nöral arayüzlerle ilgilidir.

•Vücuda takılan aygıtlar: Bunlar çok daha geniş işlevselliğe sahiptir ve aşağıdaki alt gruplara ayrılabilir:

Vücuda Yakın ve Spor: Akıllı bantlar, tamamlayıcı aktivite izleme sensörleri gibi mevcut giyilebilir ekosistemi destekleyen cihazları ifade eder.

Vücut üzerinde: EEG ve EKG monitörleri, duruş düzeltme cihazları, güvenlik cihazları, çeşitli akıllı kıyafetler vb. bu alt kategoriyi oluşturur.

Vücut içi: Tıbbi olarak kullanılan implante edilebilirler aletleri, akıllı dövmelemleri vb. kapsar.

- Alt gövdeli cihazlar: Bu grup hala bebeklik dönemindedir ancak akıllı ayakkabılar, kemerler, tabanlıklar vb. gibi bazı giyilebilir cihazları içerir. Çoğu, profesyonel spor veya tıbbi amaçlar için özel izleme işlevselliği taşır.

- Bileğe takılan ve elde taşınan giyilebilir cihazlar: Bunlar, akıllı yüzükleri, bilek bantlarını, akıllı saatleri, jest kontrol cihazlarını kapsayan en yaygın olarak benimsenen türdür.

Giyilebilir yerleştirme sınıflandırması en doğal olanlardan biridir. Tasarımcılar, araştırmacılar ve erken entegratörler, cihazlarının yerleşiminin uygulama gereksinimlerini karşılamak için uygun şekilde seçildiğine emin olmalıdırlar.

Daha önce bahsedilen sınıflandırmalara ek olarak, giyilebilir cihazlar enerji tüketim profillerine göre de sınıflandırılabilir. Genellikle, ekranlı aygıtlar grafik çıkış arabirimi olmayanlara göre nispeten daha fazla güç tüketmektedir [58]. Bu, aynı zamanda uygulamanın niteliğine de bağlıdır. Bu nedenle, giyilebilir cihazlar genel olarak düşük, orta ve yüksek güçlü giyilebilir cihazlar olarak sınıflandırılabilir.

- Düşük güçlü giyilebilir cihazlar çoğunlukla, esas olarak veri toplama/algılama amacıyla daha uzun süre çalışması gereken, sınırlı yeteneklere sahip düşük güçlü bileşenlerden oluşan aygıtlardır. Bunlar, düşük veri iletişim hızları gerektiren sağlıkla ilgili farklı giyilebilir cihazları kapsayabilmektedir. Örneğin, insan fizyolojik parametrelerini algılamak için kullanılan akıllı bir yüzük, küçük bir pil, radyo ve içinde birkaç sensör bulunan kompakt bir cihaz olduğu için düşük güçlü bir giyilebilir cihaz olarak sınıflandırılabilir [59].

- Orta güçteki giyilebilir cihazlar, düşük kaliteli giyilebilir cihazlardan biraz daha yüksek özelliklere sahip küçük bir ekrana sahip cihazları ifade etmektedir. Ayrıca, orta veri hızları gerektiren doğrudan veya dolaylı internet bağlantısı seçeneklerine sahip birden fazla sensöre de sahip olabilmektedirler. Bu cihazlar

arasında akıllı saatler, fitness izleyiciler ve bireysel, ticari ve endüstriyel amaçlar için aktivite/jest tanıma uygulamaları için diğer araçlar bulunmaktadır [60].

- Yüksek güçlü giyilebilir cihazlar, yüksek veri hızları gerektiren ağır işlem birimleri ve gerçek zamanlı görüntü/video işleme, Machine Learning (ML) gibi bilgi işlem açısından yoğun farklı görevleri gerçekleştirebilen büyük ekranlar içerdiğinden daha fazla güç tüketen aygıtları bünyesinde bulundurmaktadır. Örnek olarak kulaklıklar, gözlükler, video kalabalık algılaması için başa takılan kameralar verilebilir [61].

Giyilebilir cihazlar, kullandıkları pil türüne göre de sınıflandırılabilir. Şu anda, Lityum'un hafif ve yüksek voltajlı özellikleri sayesinde giyilebilir cihazlarda kullanılacak üç farklı tipte Lityum pil bulunmaktadır [62]. Düğme hücreli piller olarak da bilinen Lithium Coin, saatler, uzaktan kumandalar gibi giyilebilir cihazlar için geliştirilen en eski pillerden biridir. Hafif, düşük maliyetli ve kompakt tasarımlıdır, çoğunlukla boyut ve şekil olarak bir madeni paraya benzerler. Bununla birlikte, bunlar tükendikten sonra değiştirilmesi gereken şarj edilemez ve tek kullanımlık piller olduğu için e-atık sorununu artırmaktadır [63]. Lityum-iyon piller, akıllı telefonlar, akıllı saatler, fitness bantları gibi giyilebilir cihazlarda en yaygın kullanılanlardır. Yüksek güç yoğunluğuna sahip şarj edilebilir, hafif pillerdir. Bununla birlikte, dezavantajı, bu cihazlar insan vücuduyla yakın temas halinde olduğu için giyilebilir cihazlar için çok güvenli olmamalarıdır. Akıllı telefonların Lityum-iyon pillerinin aşırı şarj/ısınma nedeniyle patladığı durumlar olmuştur. Güvenli çalışma voltajı ve akımı sağlamak için özel devre gerektirmektedirler. Dahası, kullanımlar bile performansları zamanla düşmektedir [62]. Lityum-iyon polimer olarak da bilinen Lityum Polimer, şarj edilebilir, hafif ve Lityum-iyondan nispeten daha güvenlidir. Bununla birlikte, Lityum-iyondan biraz daha düşük bir güç yoğunluğu ile maliyetlidir [64].

1.5.3. Giyilebilir Teknolojiler ve Kullanım Alanları

Akıllı saatler ve fitness izleyicileri gibi tüketici elektroniği, giyilebilir teknoloji için öne çıkan kullanım durumlarıdır. Bununla birlikte, nesnelerin interneti (IoT) ve AI'daki son gelişmelerle birlikte, giyilebilir teknoloji, sağlık, navigasyon sistemleri,

tüketim malları ve profesyonel sporlardan gelişmiş tekstillere kadar her türlü senaryoya dahil edilmektedir.

Aşağıdakiler, giyilebilir teknolojinin en popüler güncel ve yeni nesil uygulamalarıdır:

Epidermal cilt teknolojisi: ScienceDaily'ye göre, Terasaki Biyomedikal İnovasyon Enstitüsü, sağlık durumlarını izlemek için giyilebilir elektronik cildi icat etmiştir. Yeni nesil giyilebilir cihazlar olan bu ultra ince e-cilt yaması, su spreyi kullanılarak küçük bir kablosuz vericiyle birlikte kullanıcının göğüs bölgesine takılabilmekte ve bir haftaya kadar giyilmesi mümkün olabilmektedir. Kalp atışları ve kas hareketleri gibi elektro sinyalleri almak ve kaydetmek için yeterince hassastır, böylece kullanıcının hayati önem taşıyan özelliklerini uzaktan izleyebilmeleri için bulut aracılığıyla sağlık hizmeti sağlayıcılarına gönderilebilmektedir. Bu güçlü giyilebilir cihaz, kalp yetmezliği ve diyabet gibi kronik hastalıkların izlenmesi için bir basamaktır.

Sistem durumunu izleme: İnsanlar kalp atış hızlarını ve kan basıncını izlemek ve bildirimler almak, kalori alımlarını izlemek veya antrenman rejimlerini yönetmek için giyilebilir teknolojiyi kullanmaktadırlar. COVID-19 salgını, tüketicilerin kişisel hijyen konusunda daha geniş bir farkındalık kazanması ve enfeksiyonların yayılmasını önlemek için önlemler alması nedeniyle giyilebilir teknolojinin kullanımını artırmıştır. Örneğin Apple, COVID-19 hastaları için kalp atış hızı dalgalanmalarını izleyen yeni bir dakika başına uyku atışı özelliği sunarak Kardiyogram uygulamasını geliştirmiş ve güncellemektedir.

Eğlence ve oyun: Oyun ve eğlence endüstrileri, VR kulaklıkları, akıllı gözlükleri ve denetleyicileri ilk benimseyen endüstrilerdir. Oculus Quest, Meta Quest ve Sony PlayStation VR gibi popüler VR başa monte ekranlar, oyun, film izleme ve sanal seyahat dahil olmak üzere her türlü eğlence amacıyla kullanılmaktadır.

Moda ve akıllı kıyafetler: Akıllı kıyafetler, son birkaç yılda geniş bir popülerlik kazanmıştır. İplikleri elektrik fiberlerinden oluşan Google'ın Project Jacquard teknolojisiyle üretilen Levi's ceketleri gibi akıllı ceketler, kullanıcının çağrılarını yanıtlamasına, müzik çalmasına veya doğrudan kollarından fotoğraf çekmesine olanak tanımaktadır. Akıllı saatler, bileklikler, akıllı ayakkabılar ve akıllı takılar da giyilebilir teknolojinin popüler örnekleridir.

Askeriye: Bu giyilebilir cihazlar, askerlerin hayati durumlarını izleyen teknolojiyi, VR tabanlı simülasyon egzersizlerini ve askerlerin ekipman ağırlıklarını ne kadar iyi tuttuklarını ve arazi faktörlerinin performanslarını nasıl etkileyebileceğini tahmin eden bot ekleri gibi sürdürülebilirlik teknolojisini kapsamaktadır.

Spor ve fitness: Spor, spor kıyafetlerinin kumaşına yerleştirilmiş spor ekipmanlarına dahil edilmiş giyilebilir atletik cihazlar kullanılmaktadır. GPS ve Bluetooth bağlantılı cihazlar, dizüstü bilgisayarlar gibi bağlı elektronik cihazlar aracılığıyla analiz için koçlara gerçek zamanlı veriler aktarmaktadır. Giyilebilir atletik cihazların yanı sıra, Fitbit, Apple Watch, Garmin, Samsung Galaxy Watch ve Polar gibi tanınmış giyilebilir teknolojiler, oyuncunun sağlık ve performans metriklerinin çeşitli alanlarını izlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.5.4 Kişisel ısıtıcı tulum türleri

1.5.4.1. Elektrikli Isıtıcı Giysiler (EHG)

Genel olarak, elektrikli ısıtma ürünleri, ısı üretmek için gömülü ısıtma elemanları kullanmaktadır. Çoğu EHG'de tek bir elektrikli ısıtma teli kullanılmaktadır. Bu tür EHG'ler için bazı diğer olası ısıtma elemanları grafit elemanlar, elektriksel olarak iletken kauçuklar, nötrleştirilmiş tekstil kumaşları, pozitif sıcaklık katsayılı polimerler ve karbon polimer ısıtma kumaşlarıdır [61]. Elektrikli ısıtmanın bir kişiye direkt olarak uygulanması kavramı yeni değildir. Elektrik gücünü araştırmacılar, düşük voltajlı DC kaynaklarının ısıtma etkisini kullanmanın yollarını aramışlardır. Elektrikli ısıtmayı giysilere dahil etmeye yönelik en pratik girişimlerden biri, bombardıman uçağı ekiplerinin elektrikli ısıtma battaniyelerindeki benzer elektrikli eleman kablolarıyla donatılmış deri uçan ceketlerle donatıldığı II. Dünya Savaşı'na dayanmaktadır [62].

1942 yılında Marick elektrikle ısıtılan giysiler geliştirmiştir [63,64]. Isıtıcı giysi, neredeyse tüm vücudu kaplamakta ve bünyesinde elektrikli ısıtma yastıkları vardır. Isıtma elemanını hasardan korumak için iki tekstil katmanı kullanılmıştır.

Deloیره, Durand ve Mans, kullanıcının hareketlerini minimum düzeyde engelleyen bir ısıtma giysisi geliştirmiştir [65,66]. Ayrıca ısıyı eşit olarak dağıtabilmektedir. İyi gerilme özelliklerine sahip ısıtma elemanları, iki kumaşın paralel çizgiler boyunca

birlikte dikilmesiyle yapılan geçitlerin içine yerleştirilmiştir. Isıtma teli, dirençli bir alaşımdan yapılmıştır ve nispeten yüksek bir sıcaklığa dayanabilen bir polivinil klorür tabakası ile ekstrüzyonla kaplanmıştır. Metcalf, elektrikli ısıtma elemanından oluşan astarlı yelek tipi bir giysi geliştirmiştir [67,68]. Daha sonra kollar, pantolonlar ve şapka da geliştirilmiştir. 6-V DC güç kaynağı, her giysideki elemanlara elektrikli ısıtma sağlamıştır.

1.5.4.2. Akışkan / Hava Akışlı Isıtıcı Giysiler

Bir akışkan/hava akışlı ısıtma giysisi, giysinin içinde bir sıvı/hava sirkülasyonu boru sistemine sahiptir. Yumuşak tüpler veya diğer içi boş ortamlar içine gömülüdür. Suyun sahip olduğu ısı entalpi değeri nedeniyle (1 gram suyun sıcaklığını 1  C değiştirmek için gerekli ısı miktarı 1 cal = 4.184 J.) ve toksik olmadığından, sıklıkla sıvı akışlı ısıtma giysisinde kullanılmaktadır.giysisinde kullanılmaktadır.

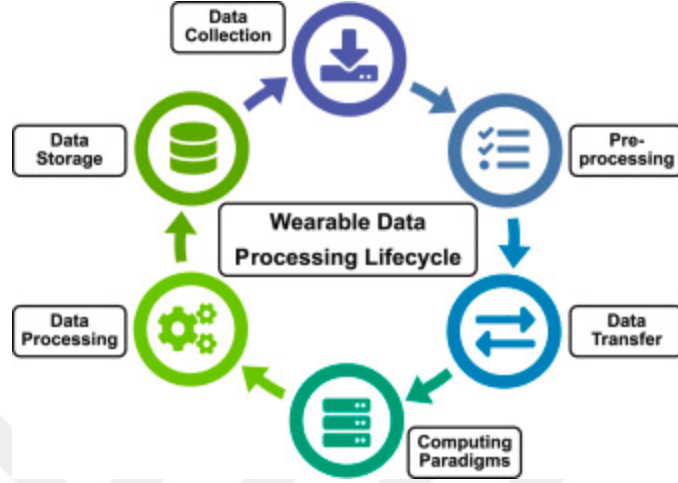
Sıvı ısıtmalı giysilerin etkili bir ısıtma etkisine sahip olduğu açıktır [69-72]. Bununla birlikte, giysinin içindeki boru sistemi, giysiyi az çok sertleştirecek ve insan aktivitesini sınırlayacaktır. Boru malzemesi ve duvar kalınlığı, boru çapı, deri ile toplam boru temas yüzeyi ve dağıtım ortamının ısı transfer nitelikleri, bir akışkan/hava akışlı ısıtma giysisinin ısıtma etkisini büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Tüpün girişi ve çıkışı arasında da bir sıcaklık farkı vardır. Akış düzenleri (rneğin, tek yönlü veya döngü akışı), sıvı sızıntısı ve giysinin oturması da tasarım sürecinde dikkate alınmalıdır. şu anda, sıvı / hava akışlı ısıtma giysileri tıp alanında yaygın olarak kullanılmakta ve araştırılmaktadır [73-75].

Soğuk bir ortamda sıvı/hava akışlı ısıtıcı bir giysinin insan vücudu üzerindeki fizyolojik etkileri de ileride araştırılmayı gerektirmektedir. Ayrıca, bu tür akışlı ısıtma giysilerinin temizliğinin de iyi tasarlanması gerekmektedir.

1.6. Akıllı Sistemler ve Giyilebilir Teknolojilere Entegrasyonu

1.6.1. Mikrodenetleyiciler ve sensörlerle kontrol

Giyilebilir tabanlı veriler, bireysel ürüne bağlı olarak büyük miktarlarda toplanmakta ve işlenmektedir, ancak özünde her zaman benzerdir [76]. Şekil 1.4, giyilebilir verilerin temel döngüsünü göstermektedir.



Şekil 1.4 Giyilebilir veri işleme

Giyilebilir cihazlar öncelikle kullanıcı tarafından oluşturulan verileri toplamakta ve işlemekte ve toplu veri toplama genellikle büyük miktarda veriyi işbirliği içinde almak için güçlü bir araç olan kitle kaynak kullanımı olarak adlandırılmaktadır. Crowdsensing, cihazlardan koordineli veri toplamayı etkinleştirmenin bir yoludur. Üç standart algılama tekniği bulunmaktadır [77].

- Katılımcı (aktif) algılama, kullanıcının akıllı saatindeki egzersizini ölçmek gibi yollarla bilgi edinmeyi ifade etmektedir.
- Fırsatçı (pasif) algılama, son veri toplamadan geçen süre, mesafe veya diğer metriklerle belirlenen bilgileri toplamak için periyodik eylemi tanımlamaktadır.
- Fırsatçı mobil sosyal ağlar, bilgileri kendi aralarında paylaşan, kendi kendini organize eden, noktadan noktaya cihaz ağlarını ifade etmektedir. Cihazlar, birbirine olan yakınlığa göre ağları oluşturmaktadır. Bu tür ağlar, konumlandırma veya kullanıcı koruması da dahil olmak üzere giyilebilir cihazın diğer işlevlerine de yardımcı olabilmektedir.

Veri aktarım aşaması, giyilebilir cihaz veri zincirinin önemli bir parçasıdır. Bu noktada, birçok giyilebilir çözümün, gerçek miktarı azaltmak için önceden işleyerek veri iletimi sırasında harcanan güç miktarını sınırladığı ifade edilmektedir. Örneğin, iletimden önce verilere sıkıştırma şemaları uygulanarak elde edilmektedir [78]. Ek

olarak, güç kısıtlamaları genellikle iletimin güvenliğini sınırlar, çünkü uygun veri şifrelemesi genellikle hesaplama açısından zordur.

Veri işleme aşamasında, anlamlı bilgi elde etmek için giriş verilerine farklı teknikler ve yöntemler uygulanmaktadır. Günümüzde, ML teknikleri, diğerlerinin yanı sıra kümeleme, regresyon, sınıflandırma gibi verileri analiz etmek ve işlemek için yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca, bu ML teknikleri toplu işleme, gerçek zamanlı işleme ve çevrimiçi işleme kullanılarak çalıştırılabilmektedir [79].

Genel olarak, giyilebilir cihazlar tarafından toplanan verilerin en önemli kısmı zaman serileridir. Bu tür veriler genellikle sınıflandırma, anomali algılama veya tahmin amacıyla kullanılabilmektedir. Bununla birlikte, zaman serilerinin analizine bağlı birkaç engel de bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, veri büyütme teknikleri kullanılarak ele alınabilecek sınırlı miktarda veridir. Diğer sorunlar, hesaplamaların doğrudan donanım üzerinde yapılması gerektiğinde sınırlı hesaplama kapasitesiyle birlikte sınırlı güç kaynaklarıdır [80].

Ek olarak, zaman serileri söz konusu olduğunda, sınıf dengesizliğinin ortaya çıkması ve çok değişkenli zaman serilerinin olasılığı gibi diğer yönler de dikkate alınmalıdır. Ne yazık ki, yaygın olarak uygulanan büyütme yöntemi, görüntü ve konuşma alanından zaman serilerine aktarılamamıştır. Bu, zaman serisi verileri için büyütme yöntemini detaylandırma talebi yaratmıştır. Zaman serilerinin büyütme tekniklerinin kategorileri altı alan, yani zaman alanı, frekans alanı, ayrışma tabanlı yöntemler, model tabanlı yöntemler, öğrenme tabanlı yöntemler ve zaman-frekans alanı kapsamaktadır [81].

Giyilebilir cihazlar tarafından toplanan kaydedilen zaman serileri, örneğin insan davranışını veya fizyolojik rahatsızlıkları, potansiyel patolojileri gösteren özel bir desen içermektedir. Tahmine dayalı bir model oluşturmak için özel ML teknikleri kullanmak gerekmektedir. Bununla birlikte, beklenen nihai sonuçları elde etmek için ön işleme adımlarına da ihtiyaç vardır. Mimari seçimler açısından, Evrişimli Sinir Ağı (CNN), Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM), Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek (BLSTM), Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP), Kapılı Tekrarlayan Birimler (GRU) ve transfer öğrenme, giyilebilir veriler için en son teknoloji ürünü sonuçların elde edilmesinde kullanışlıdır [82]. Ek olarak, skalerlerin değerleri için XGBoost sınıflandırıcısının kullanımı incelenmiştir [83]. Ancak, daha önceki özellik ayıklama adımlarını gerektirmektedir. LSTM ve BLSTM mimarileri bu amaç için uygundur,

Çünkü sinyalde meydana gelen uzun vadeli bağımlılıkları öğrenebilmektedirler [84]. 1D-CNN, algoritmanın özellikleri çıkarmasına ve zaman serilerinde bu amaç için neyin beklendiğini öğrenmesine izin vermektedir [85].

Veri işleme aşamasından sonra, yararlı bilgiler raporlar, grafikler, tablolar vb. aracılığıyla kullanıcıya sunulmaktadır. Daha sonra daha fazla depolama, uygulama ve geliştirme için kullanılabilir.

Çok çeşitli giyilebilir cihazlar ve ilgili teknolojiler, giyilebilir cihazın menzil, veri hızı, g kısıtlamaları, ağ türleri, geliştiricinin tercihleri ve diğer birçok yn için gereksinimleri tarafından tanımlanan çeşitli desteklenen bağlantı çözümlerine izin vermektedir. şifreleme seviyesi, kodlama ve iletim şemaları, modülasyon ve döngüsel nek dahil olmak üzere veri aktarımı özellikleri de kullanılan teknolojiye bağlı olarak ayrı ayrı tanımlanmaktadır. Giyilebilir cihazlarda en yaygın kullanılan veri iletim teknolojileri arasında Yakın Alan İletişimi (NFC), Bluetooth Düşük Enerji (BLE), Kablosuz Fidelity (Wi-Fi), ZigBee, Düşük Güçlü Geniş Alan Ağı (protokoller) (LPWAN) ve diğer hücresel veya hücresel olmayan IoT iletim teknolojileri bulunmaktadır [86]. Hem kısa menzilli hem de uzun menzilli iletişim teknolojileri giyilebilir ağlarda kullanılmaktadır.

BÖLÜM II

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Giyilebilir Teknolojiler İle ilgili Çalışmalar

Seneviratne ve ark. [87] mevcut giyilebilir cihazların farklı tiplerinin ve bunların pazardaki ilgili ürünlerinin kapsamlı bir araştırmasını ve sınıflandırmasını gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada mevcut giyilebilir teknolojinin dört grubundan oluşan bir alt bölüm sunulmuştur;

Tip 1. Bileğe takılanlar (akıllı saatler ve bileklikler);

Tip 2. Başa takılan cihazlar (akıllı gözlükler ve kulaklıklar);

Tip 3. E-Tekstiller (akıllı giysiler ve ayak/el giyilen cihazlar);

Tip 4. E-yama (elektronik yama, sensör yamaları ve e-dövme/e-cilt;

Tip 5. Diğer (akıllı takılar ve kemerler).

Daha yakın zamanlarda, 2021 yılında, giyilebilir teknoloji ve tüketici ile etkileşimleri hakkında sistematik bir inceleme ve bibliyometrik analiz yayınlanmıştır. Tüketici davranışının, refahın ve karar vermenin rolünü vurguladı. Aynı zamanda, giyilebilir cihazların ve büyük verilerin pazarlama çalışmalarında kullanışlılığına dikkat çekilmiştir [88].

Levi's Endüstriyel Giyim Bölümü (ICD) Ceket, Massimo Osti tarafından Philips ile işbirliği içinde tasarlanan ve yüzyılın başlangıcına öncülük etmiştir. Ceket, elektronik aletleri birbirine bağlamak için tasarlanmış bir iç ağa sahip teknolojik malzemeden yapılmıştır. Gelişme zamanı için devrim niteliğinde oldu ve Acronym ve Ma.Strum gibi markaların daha da gelişmesini etkilemiştir [89].

Fosil Bilek PDA piyasası ile buluşmuştur. Geliştirmesi, saatin ilk geliştirme yılı için yeterince küçük hale getirmek için mücadele eden Donald Brewer tarafından yapılmıştır. Microsoft mühendisleriyle bilek üstü bir platform arayarak görüşmelere

başlamış ve "Akıllı Kişisel Nesneler Teknolojisi" (SPOT saatler) geliştirmeye odaklanmıştır. Boyut yeterince küçültüldükten sonra, ekran da eklenmiştir. İlk cihaz, ticari sürüm için 8MB'a genişletilen belleğe sahipti. İlk çıkıştaki fiyat 249 ABD dolarıydı.

Bu modelde ilk GoPro fotoğraf makinesi dünyayla buluştu. İlk model küçük, hafif ve su geçirmezken, AAA pille çalışıyordu [90].

Daha sonra "Nike iPod Sport Kit" piyasaya sürüldü. Kat edilen mesafeyi, tempoyu ve daha fazlasını ölçen ve kaydeden bir cihazdı. Nike, Apple ürünlerine bağlı bir Nike Sportband alıcısına bağlanan ayakkabılara takılı veya önceden yerleştirilmiş küçük bir ivmeölçerden oluşmakta idi.

Fitbit, James Park ve Eric Friedman tarafından kurulmuştur. In Fitbit Classic, verileri İnternet ile senkronize edebilen ve aynı verileri bir cep telefonunda bulundurabilen ilk kablosuz etkinlik izleyicisidir. Ayrıca şık form faktöründe de yenilikçi özelliklere sahipti.

Samsung S9110 akıllı saat piyasaya sürülmüştür. Şirket, Dick Tracy'nin fikrini iki bantlı bilek telsiziyle sürdürmüştür [91]. Exchange e-posta desteğine sahip çift bantlı bir Genel Paket Radyo Hizmetleri telefonudur. Samsung S9110 akıllı saat, tam renkli dokunmatik ekran, Bluetooth bağlantısı, müzik çalar ve ses tanıma özelliğine sahip ilk akıllı saattir [92].

Eric Migikovsky ilk başlarda Inpulse (Allerta) şirketini kurduktan sonra akıllı telefonlardan (Android ve Apple cihazları) gelen mesajları görüntüleyebilecek bir cihaz düşünmüştür. Saatin ilk versiyonu cesur ve özgün tasarımıyla dikkat çekmiştir. Dahası, akıllı saat gün ışığında rahatlıkla kullanıma olanak tanımıştır. Tasarım Kickstarter topluluğu tarafından büyük beğeni toplamıştır. Birkaç nesil saat ve Fitbit tarafından satın alındıktan sonra, Pebble piyasadan kaldırılmış ve e-kağıt ekran tabanlı saatlerin geliştirilmesi işini terk etmiştir [93].

Project Glass ile ilgili bilgiler Google Plus sosyal ağında ortaya çıkmıştır. Hesabın ilk yazısı projenin hedefleriyle ilgiliydi ve konusu: "dünyayı keşfetmeye ve paylaşmaya" yardımcı olacak taşınabilir bir bilgisayar oluşturmaktı. Projeyle birlikte yazıya Project Glass adlı bir video eklenmiştir. Google konsepti gösterdikten kısa bir süre sonra, insanlar gözlükleri gerçek hayatta kullanma imkanına sahip oldular. Google'ın kurucu

ortakları Sergey Brin ve Larry Page ilkbaharın sonlarında gözlüğü kullandılar. Haziran ayındaki Google I/O etkinliğinde Google, teknolojiyi 1500 ABD doları fiyatla halka açık bir kitleye uygulamalı olarak göstermiştir. Bu dönüm noktası, VR ve AR gibi ürünlerin kitlesel olarak benimsenmesinin başlangıcıdır [94].

Fitbit'in hikayesinin devamı ve iyileştirilmesi olarak, o zamanın en gelişmiş cihazı olan Basis, vücut IQ teknolojisi ile kalp atış hızı, aktiviteye göre kalori tüketimi, uyku aşaması ve terleme ve cilt sıcaklığı gibi verileri toplayarak diğer aktivite ölçen ve vücut verilerini toplayan ürünlerden farklılaşmıştır [95]. Pazar, çok sayıda projeyle tanışmış ve kullanıcı sayısı sadece birkaç yıl içinde çok hızlı bir ivme ile artmıştır [96].

Tommy Hilfiger, telefonu şarj etmek için güneş enerjisi ceketini kullanmıştır. Güneş pilleri ceketin içine dikilmiş, sırayla ön yama ceplerinden birinde bulunan bataryaya bağlanmıştır. Pile, örneğin bir cep telefonu veya tablet olmak üzere iki cihaz bağlanabilmekteydi. Dahası, güneş panelleri kolayca sökülebiliyordu.

Son kullanıcılar için bir sonraki atılım daha sonra Android Wear olmuştur (şu anda Wear İşletim Sistemi (OS) olarak bilinmektedir). Bu, ilk sanayi devinin, giyilebilir cihazlara adım attığı zaman olarak görülmekteydi. Wear OS, özellikle akıllı saatler ve giyilebilir cihazlar için özel olarak tasarlanmış ilk işletim sistemiydi ve Google'ın giyilebilir pazarda hayati bir pozisyon alma yönündeki başlangıç hamlesiydi [97].

Teknolojik yarışın ittiği Apple, ilk giyilebilir ürünü Apple Watch'u piyasaya sürdü. Google esas olarak pazarı hedeflerken, Apple Watch'un hikayesi daha trajik bir geçmişe sahiptir. Daha önce, Steve Jobs pankreas kanseriyle uzun ve başarısız bir şekilde savaşıyor ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki sağlık endüstrisinin eksiklerini kendi gözleri ile görmüştü. Hemşirelerin hastalarla iletişim kurmasının ne kadar rahatsız edici olduğunu, ayakta tedavi gören bir hastanın durumunu izlemenin ve hastane dışında geçirilen süre hakkında gerekli bilgileri geriye dönük olarak toplamanın ne kadar zor olduğunu da görmüştü. O zaman Steve Jobs, tıbbi bakımın teknoloji ile geliştirilebileceğine karar vermiş ve Apple'ın veri toplama ve yapılandırma sorununu çözmesi gerektiğini düşünmüştür. Mevcut aktivite izleyicileri, hasta koşullarını günlük olarak izlemek için uygun değildi. Bu yüzden Apple Watch'u hayata geçirdi. Güçlü bir yazılım ve bulut platformuyla entegrasyonun doktorların işini kolaylaştırması gerekiyordu. Ne yazık ki, Steve Jobs, cihaz piyasaya sürülmeden dört yıl önce vefat etmiştir [98].

2.2. Termal ceket tasarımı ile ilgili çalışmalar

Tekstil bazlı ekipmanların gereklilikleri sürekli artmaktadır. Bu nedenle endüstri, akıllı çözümler olarak adlandırılan, entegre ek işlevlere sahip ekipman geliştirme zorluğunun üstesinden gelmek zorunda kalmaktadır. Akıllı bir çözüm, kullanıcı için katma değeri olan bir ürüne imkan tanımaktadır. Bu, malzemelerde, tasarımda, inşaatta veya imalatla bir gelişme olabilmektedir, ancak başka bir bileşen eklemek de faydalı olabilmektedir. Çok işlevli giyim sistemlerine sahip olma isteği çok fazla araştırmaya ve daha uzun geliştirme sürelerine sebep olmaktadır.

Giyim konforunun kendisi dört kategoride incelenmektedir:

- Termofizyolojik konfor,
- Duyusal konfor,
- Ergonomik konfor,
- Estetik çekiciliğin yanı sıra psikolojik konfordur.

Roy [99] ve Das ve Alagirusamy [100] çalışmaları insanlardan gelen fiziksel çalışmaların düşük verimliliği nedeniyle, ısı stresinin hızlı bir şekilde ortaya çıktığını belirtmiştir. Toplam enerjinin neredeyse %80'i, vücuttan atılması gerekli bir yan ürün olarak ısıdır. Bu işlem radyasyon, konveksiyon, iletim ve buharlaşma (terleme ve terleme) ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, özellikle termofizyolojik konfor alanı, kullanıcının performansı ve güvenliği ile ilgili olarak özellikle büyük endişe kaynağıdır [99,100].

Aktif soğutma sistemlerinin, gelişmiş desen yapımı veya havalandırma açıklıklarının yanı sıra, giderek daha karmaşık müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için pazara giren çok çeşitli akıllı tekstiller vardır. Faz değişim malzemeleri (PCM) [101] veya Schoeller Technologies'in C-Change membranı [102] termo-fizyolojik konforu aktif olarak etkileyen örneklerdir.

Isıya duyarlı polimerlerin uygulanmalarında amaç, termoduyarlı polimerler kullanarak sıcaklık ve nemin bir giysi sistemi aracılığıyla taşınmasını otomatikleştirmek için akıllı bir yol kullanarak termofizyolojik konforu arttırmaktır.

Bu polimerler, sıcaklık belirli bir seviyenin üzerine çıkarsa hacim olarak azalabilmektedir. Sıcaklık bu seviyenin altına düşer düşmez bu işlem tersine çevrilmekte ve polimer genişlemektedir. Kimyagerler bu sıcaklığı ($T_{defined}$) daha düşük kritik çözelti sıcaklığı (LCST) olarak tanımlamaktadır.

Genel olarak termoduyarlı polimerlerin LCST'si, polimerizasyon derecesine ve polidispersiteye bağlıdır. Şekildeki ilgili değişiklikler, onları akıllı malzemeler için, örneğin tekstillerde termal ve nem kontrolü için ideal adaylar haline getirmektedir.

Bräuning ve ark. [103] çalışmasında, Albstadt-Sigmaringen Uygulamalı Bilimler Üniversitesi'nde 20 ila 30 yaşlarında beş erkek denekle iklim koşullarını katmanlara ayırmaya yönelik bir çalışma yapılmıştır.

Bräuning ve ark. [103] çalışmasının amacı, bir giyim sistemi içindeki sıcaklık ve nem koşulları hakkında daha derin bir fikir edinmektir. Ayrıca, bu deneme sırasında toplanan sonuçlar, termoduyarlı polimerlerin kullanımı yoluyla aşınma konforunu iyileştirmeye yönelik araştırma yaklaşımı için sıcaklık ve nem aralığını tanımlamak için kullanılmıştır. Sıcaklık ve nemi toplamak için sensörler sınava giren kişinin sırtına, göğsüne ve ön koluna yerleştirilmiştir. Bir taban tabakası ve iki farklı ceketin bir kombinasyonunu giymişlerdir. Değerlendirmeler, farklı test noktalarında çok çeşitli sıcaklıklar ve nemler göstermektedir. Bu, tekstil sistemini farklı ihtiyaçlara uyarlamak için vücut haritalama kavramını desteklemektedir. Giysi sistemi içindeki bir bariyer tabakası daha yüksek sıcaklığa yol açmakta, bu da sonuç olarak daha fazla terlemeye ve sonunda rahatsızlığa sebep olmaktadır. Bu, tekstil katmanlarının gözeneklilik ve direnç özelliklerinin, tasarım geliştirme için dikkate alınması gereken önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Kara Savaşçısı (ABD ordusu tarafından geliştirilen akıllı askeri uniformalar) ve Yaşam Gömlekleri (Vivometrix tarafından geliştirilen tıbbi kıyafetler) iki iyi bilinen örnektir [103,104]. Birçok giyilebilir teknoloji araştırmacısı, giysiler neredeyse sürekli olarak giyildiğinden ve cilde vücutta giyilen diğer eşyalardan daha yakın oturduğundan, giyilebilir bir platform olarak kıyafetlere yoğun bir ilgi göstermiştir. Giyim ve giyilebilir araştırmaları, giysilerin yakın ve sürekli mevcudiyet ve hareketlilik gibi potansiyel faydalarından yararlanmayı amaçlamaktadır. Bu konular, temel rollerini arttırırken aynı anda belirli amaçlar için optimize edilmiş işlevler tasarlamaya ve etkinleştirmeye odaklandı. Şu anda, giyim ve giyilebilir

araştırmalardaki temel paradigmlar arasında giyilebilir algılama (vücut algılama), bağlama duyarlı hesaplama, giyilebilir arayüzler ve kıyafetlerin geleneksel işlevlerini artırma yer almaktadır [105].

Dış sıcaklık, insan durumu, tekstil malzemeleri vb. yönlerden giyim termal konforu üzerine birçok araştırma bulunmaktadır.

Fukazawa ve ark. [106], ısı ve su buharı transferinin giysi termal konforu üzerindeki etkisini incelemek için terleme termal manikini kullanmışlardır. Li ve ark. [107] fiziksel parametrelerin yüksek sıcaklık ve yüksek nemli ortamlarda koruyucu giysilerde insan vücudunun değişikliklerini incelemişlerdir. Nuñez ve ark. [108] termal konforun kullanılabilirliğini ve insan vücudunu aşırı sıcaklıktan korumak için giysilerin işlevini incelemişlerdir. Gavhed ve ark. [109] farklı egzersiz yoğunluğu, sıcaklık ve giysi malzemelerinin kışlık giysilerde insanlarda termal tepkiler üzerindeki etkisini incelemiştir. Ueda ve ark. [110], giysilerin termal konforunu artırmak amacıyla, farklı yaşlardaki insanlar arasında giysi mikroiklim sıcaklığı üzerindeki termoregülasyon fonksiyonunun farklılıklarını incelemek için bir anket tasarlamıştır. Lu ve ark. [111] rüzgar ve yürüyüş yoluyla bölgesel termal direnç üzerindeki etkisini incelemiş ve yürüme hızının giysilerin termal direnci üzerinde küçük bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Lee ve ark. [112] farklı giysi türlerinin 10°C'de erkeklerin vücut ısısı üzerindeki termal etkilerini araştırmışlardır. Lizak ve ark. [113] farklı malzeme yapılarının giyim tekstillerinin termal iletkenlik ve ısı transferi gibi performansı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Huang ve ark. [114], parçalı termal modelde yerel termal hissi tahmin etmek için bir yöntem tasarlamışlardır. Mao ve ark. [115], termal kalitede giysi tasarımcıları için simülasyon tabanlı ve yaşam tarzı odaklı bir CAD sistemi oluşturmuşlardır.

Giysilerin termal konforunun iyileştirilmesi konusunda birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen, termal iç giyimin performansı, özellikle tüketici talebine dayalı performans artışı konusunda çok az araştırma bulunmaktadır. Aslında, tüketici ürün tanıtımında önemli bir rol oynamaktadır.

Termal iç giyimin performansı, kumaş performansını ve giysi yapısı performansını da kapsamaktadır. Kumaş performansı temel olarak kumaş konforunu (nem emicilik, geçirgenlik, ısı tutma yeteneği, yumuşaklık, antistatik özellik, vb.), dayanıklılık (mukavemet, aşınmaya dayanıklı durum, ısıya dayanıklı durum, güneşe dayanıklı

durum, vb.), fiziksel kalite özelliğini (şekil stabilitesi, kırışıklık direnci, boncuklanma direnci, vb.) ve bakımı içerisinde bulundurmaktadır [116].

Konfeksiyon yapı performansı temel olarak yapı konforunu ve yapı estetiğini içermektedir. Yapı konforu, iyi giysi yapısının giyim konforu ve vücut hareket konforu sağladığı anlamına gelmektedir; yapı estetiği, olağanüstü bir giysi yapısının insanların genel görünümünün iyileştirilmesine katkıda bulunması anlamına gelmektedir [117].

Bu nedenle, termal iç giyiminin tasarımı ve geliştirilmesinin esas olarak iki yöne, yani yüksek teknolojiye sahip kumaş ve konfor ve estetiğe sahip giysi yapısına odaklanması gerekmektedir.

Kumaş performansı temel olarak kumaş konforunu (nem emicilik, geçirgenlik, ısı tutma yeteneği, yumuşaklık, antistatik özellik, vb.), dayanıklılık (mukavemet, aşınmaya dayanıklı durum, ısıya dayanıklı durum, güneşe dayanıklı durum, vb.), fiziksel kalite özelliğini (şekil stabilitesi, kırışıklık direnci, boncuklanma direnci, vb.) ve bakımı içerisinde bulundurmaktadır [116].

İnsanların yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve yaşam anlayışlarının dönüşümü ile birlikte, artan sayıda tüketici kışın ince ve hafif termal iç giyimi giymeyi beklemektedir. Daha fazla tüketici kazanmak için, farklı üreticiler yeni yüksek teknoloji termal kumaşlar geliştirmek ve yeni giysi stilleri oluşturmak gibi farklı eylemlerde bulunmuştur [116].

Xu ve Chen [118] çalışması mevcut termal iç giyimin performansındaki zayıflıkları tam olarak anlamak için, tüketicilerin giysi seçme standartları, giysi kumaşları ve giysi yapıları yönlerinden taleplerini yoğun bir şekilde araştırmayı amaçlamıştır. İlgili literatüre dayanarak, kumaş konforu ve giysi yapısı ile ilgili önemli anket faktörleri seçilmiştir. Araştırmada fiyat faktörü de göz önünde bulundurulmuştur. Anketleri araç olarak kullanan anket, esas olarak Çin'de gerçekleştirilmiştir. Termal iç giyimi sürecini ve tüketicilerin beklentilerinin bir listesini kullanarak uzun vadede ana kusurlar tespit edilmiştir. Daha sonra, üreticilere stratejilerini geliştirmeleri için kılavuz ilkeler sağlamak için önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca, kumaş yapı ve bileşeninin yeni tasarımı, giysi tarzı eskizleri ve giysi yapısı desenleri ile iki yeni ürün geliştirme şeması önerilmiştir.

Son yıllarda, tekstil ve elektronik biliminden araştırmacılar, giysiye entegre edilmiş sensörler ve elektronik kontrol sistemleri kullanarak, fizyolojik parametreleri (sıcaklık, nem, kalp atış hızı, karbondioksit vb.) ölçmek için birçok disiplinlerarası çalışma yürütmüştür. Bu akıllı giysiler, tehlikeli durumları önlemek için vücudu ve çevresel sinyalleri izlemektedir.

Burton Motorola Audex kuş tüyü ceket, yerleşik cep telefonu ve iPod (mp3 çalar) portlarına sahip cepleri ile kış sporları için bir açık hava spor giyim ceketidir. Kullanıcı, sol kolda bulunan kontrol modülünü kullanarak cep telefonunu veya iPod'u cebinden çıkarmadan kontrol edebilmektedir. LCD ekran ve membran anahtarlarından oluşan kontrol modülü, kullanıcının ses seviyesini ayarlamasına ve çalan parçayı değiştirmesine imkan sağlamaktadır. Kaputun dahili hoparlörleri sayesinde, kullanıcı kulaklıklılı veya kulaklık takmadan müzik dinleyebilmekte ve içeriklere ulaşabilmektedir. Açık hava moda şirketi Kolon Sports'un Seymourpowell ile işbirliği içinde geliştirdiği Life Tech ceket, Himalayalar gibi aşırı hava koşulları ve yüksek rakımlı bölgeler için bir hayatta kalmayı sağlayan bir cektir. İletken polimer ısıtma sistemine sahip termal bir iç katmanla donatılmış Life Tech ceket, kullanıcının üç ısı seviyesi (yüksek 50 °C, orta 45 °C ve düşük 40 °C) arasında seçim yapmasını sağlamaktadır. Ceket, acil durum coğrafi konumu için dahili bir GPS'e sahiptir ve ayrıca GPS ve mobil cihazları şarj etmek için giyilebilir bir rüzgar türbini jeneratörü ile birlikte kullanılmaktadır [119].

SDJ (kendiliğinden kuruyan ceket)-01 by Falyon, kullanıcılarını ıslak dış mekan ortamlarında veya yağmurlu günlerde kuru tutmak ve taşıdıkları mobil cihazlara nem zarar vermesini önlemek için tasarlanmış kendi kendini kurutan bir sistemle donatılmıştır. Kendi kendini kurutan sistem, ceketin etek çizgisi boyunca kemerin yanında bulunan membran anahtarı kullanılarak etkinleştirilmektedir. Açıldığında, sistem ceketin astarı içindeki bir dizi hava amplifikatörünü etkinleştirmekte, mont içerisine hava üflemede ve montu kurutmaktadır. Kurutma işlemi bittikten ve sistem kullanıcı tarafından kapatıldıktan sonra, boyun çizgisinde bulunan havalandırma delikleri kuru havayı serbest bırakmaktadır [120].

Ororo ve Raven gibi açık hava moda markaları, ısı teli ile kaplı termal dış giyim ürünü geliştirmişlerdir. Isı yalıtımı ile doldurulmuş geleneksel aşırı hava ceketlerinin aksine, bu ceketler aynı derecede sıcak veya daha sıcak iken incedir. Çoğu dış mekan ceketine

benzer bir ısıtma mekanizması ile tasarlanmıştır. Örneğin, Ororo softshell ceketinin termal sistemi, geleneksel aşırı hava ceketlerinden daha üstün bir termal performans sağlamak için göğsün yanına ve sol omzun altında bulunan bir membran anahtarı tarafından etkinleştirilen gövdenin orta bölgesine yerleştirilmiş ısıtma pedlerini kullanmaktadır. Elektrikli ısıtma oldukça yoğun güç gerektirdiğinden, Ororo'nun termal ceket, cebinin içindeki dahili USB bağlantı noktasını kullanarak cep telefonlarını veya diğer mobil cihazları da şarj edebilen çıkarılabilir bir 7,4 V ikincil pil ile birlikte kullanılmaktadır [121].

Park ve ark. [122] giyilebilir teknolojiyi kullanarak kullanıcının kalp durumunu izleyen akıllı bir dış mekân gömleği geliştirmiştir. Bioshirt giyim platformu, 40-69 yaş arası kişilerin vücut oranlarına ve bedenlerine göre geliştirilmiştir. Kullanıcının yaşamsal belirtileri, metal elektrotlar ve iletken liflerle oluşturulmuş temas tipi bir elektrokardiyogram sensörü kullanılarak ölçülmektedir. Kalp atış hızı verileri, özel bir uygulama aracılığıyla kardiyak durumu izlemek için Bluetooth aracılığıyla kullanıcının akıllı telefonuna iletilmektedir [122].

Li ve ark. [123] tarafından yapılan bir araştırma, akıllı telefon ekranlarına bakarken yaya güvenliğini artıran bir Android akıllı telefon uygulaması geliştirmeye çalışmıştır. Kullanıcının yürüme hızını ve göz hareketini ölçmek için akıllı telefonun yerleşik yerçekimi sensörü, ivmeölçeri ve öne bakan kamerası kullanılmıştır. Kullanıcı belirli bir yürüme hızına ulaştığında ve kullanıcının gözleri hala ekrana baktığında, sistem kullanıcıyı yola dikkat etmeye iten titreşimler üretmektedir [123]. Li ve ark. [124], bir kullanıcının egzersiz izleme için atlama hareketlerini tanımak için Android API'ye dayanan SmartJump akıllı telefon birimini incelemişlerdir. Zıplama hareketlerini algılamak ve gerçekleştirilen atlama sayısını saymak için akıllı telefondaki yerleşik bir ivmeölçer ve manyetometreyi kullanmışlardır. Çerçeve üç aşamadan oluşmaktaydı: z eksenini ivme verilerine dayanan atlama algılama, veri işleme ve atlama algılaması [124]. Buna karşılık, Watson ve ark. [125], egzersiz takibi için kullanıcının dirsek eklemi fleksiyonuna Magneto giyilebilir hareket izleme sistemini araştırmışlardır. Söz konusu çalışmada, Dünya'nın manyetik alanının ölçülen verilerin doğruluğu üzerindeki etkileri önemli bir araştırma noktası ve hassas dirsek eklem açısı değişikliklerini tespit etmek için lokalize bir elektromıknatıs kullanılmıştır [125].

Yukarıda açıklanan akıllı dış mekan aşınması ve kullanıcı aktivitesi izleme araştırmasında kullanılan teknolojiler, elektronik devre elemanının türüne (giriş, çıkış ve kontrol) göre düzenlenmiş Tablo 2.1'de özetlenmiştir.



Tablo 2.1 Akıllı dış mekan aşınması ve kullanıcı aktivitesi izleme araştırmasında kullanılan teknolojiler

	Girdi	Çıktı	Kontrol
Burton-Motorola Audex Down Jacket [119]	Harici müzik cihazlarına USB konektörü	Gömülü hoparlörler	Kontrol panelindeki mikroişlemci
	Kontrol panelindeki anahtarlar	Kontrol panelindeki LCD ekran	
Life Tech Jacket [118]	Isıtma için membran anahtarı	İletken polimer ısıtma levhaları	Isıtma ve şarj fonksiyonları için GPS ve kullanıcı manuel kontrolündeki mikroişlemci
	Isıtma seviyesi ayarı için akıllı telefon uygulaması	USB şarj bağlantı noktası	
	GPS alıcısı	GPS vericisi	
SDJ [120]	membran anahtarı	Hava amplifikatörleri	Kullanıcı manuel kontrolü
Softshell Jacket [117]	membran anahtarı	Isıtma yastıkları, USB şarj bağlantı noktası	Kullanıcı manuel kontrolü
Bioshirt [122]	EKG sensörü	Akıllı telefon uygulamaları	Sistem birimindeki mikroişlemci
Li ve ark. akıllı telefon sistemi [124]	Akıllı telefon yerçekimi sensörü, ivmeölçer ve ön kamera	Akıllı telefon titreşim motoru	Akıllı telefon Android işletim sistemi
SmartJump [124]	Akıllı telefon ivmeölçer ve manyetometre	akıllı telefon ekranı	Akıllı telefon Android işletim sistemi
Magneto [125]	Elektromanyetik	Gömülü Bluetooth (BLE)	Sistem devresi mikroişlemcisi

Bu örnekler, akıllı dış mekan kıyafetleri Ar-Ge'nin, etkinleştirme teknolojilerindeki farklılıklara rağmen, eğlence işlevlerinden ziyade pratik işlevlere sürekli olarak odaklandığını göstermektedir. Burton Motorola Audex ceketinin yanı sıra, diğer örneklerin tasarımları vücut ısını koruma, GPS tabanlı coğrafi konum, kalp atış hızı izleme gibi faydalı amaçlara hizmet etmektedir. Bununla birlikte, çoğu örnek, birkaç türev işlevle birlikte tek bir anahtar işleve imkan sağlamaktadır. Çoğu, bir işlevin etkinleştirilmesi için kullanıcının müdahalesini de gerektirmektedir.

Kremens ve ark. [126], itfaiyecinin sağlık, konum ve durum parametrelerini kaydedebilen ve rapor edebilen küçük, hafif, taşınabilir bir cihazı itfaiyeci ceketine entegre etmişlerdir [126]. Viking Şirketi, ısı stresi ve yanık yaralanması risklerini azaltmak için akıllı bir itfaiyeci ceketi tasarlamıştır. Tasarımlarında, termal sensörler ceketin içindeki ve dışındaki sıcaklığı izlemek için paltonun koluna ve omzuna tutturulmuştur [127].

Bir diğer akıllı kaplama uygulaması ise harici sıcaklık ayarlanan sınır değerine ulaştığında tetiklenen bir alarmdır. Bu tasarımda, ceketin göğüs, sırt ve kol kısımlarına altı silikon kapsüllü ısı sensörü yerleştirilmiştir. Kontrolör, bir veya daha fazla sensör 37,8 °C'ye ulaşana kadar dahili sıcaklık sinyalini her on saniyede bir değerlendirmekte, ardından kontrolör her sensörü her saniye izlemektedir. Katın iç sıcaklığı 65,6 °C'ye yaklaştığında, alarm sistemi tetiklenmektedir [128]. Hertleer ve ark. [129], itfaiyecinin hayati sinyallerini yakındaki bir baz istasyonuna iletmek için bir itfaiyeci dış giysisine entegrasyon için bir aramid kumaş üzerinde bir tekstil anteni tasarlamışlardır. Bu amaçla, nem bariyerinin altına çok katmanlı bir mikro şerit yama anteni ve omuzlar veya üst kol bölgesinde termal bariyer tabakası yerleştirilmiştir. Antenin seçilen yerleşim alanı, kırışma ve kırışma riskini azaltmada etkilidir [129].

ProeTEX çerçevesinde, sıcak çarpmasını önlemek için, Oliveira ve ark. iç sıcaklık, çevresel sıcaklık ve ısı akışı dahil olmak üzere itfaiyecinin termal parametrelerini izlemiştir [130]. Smart@fire, şirketleri ve araştırmacıları desteklemek ve onlara itfaiyeci korumasını iyileştirmek ve bir çözümü akıllı kişisel koruyucu ekipmanlara entegre etmek için Yenilikçi BİT Çözümleri geliştirmek amacıyla finansal araçların sağlanması için bir projedir. Nihai hedef, geniş bir pazar için uygun maliyetli ve işlevsel kişisel koruyucu donanım geliştirmektir [131].

Dursun ve ark. [132] çalışması, bir itfaiyeci koruyucu kıyafeti genellikle üç katmanlı kumaş yapısından oluşmaktadır; bir dış kabuk, bir nem bariyeri ve bir termal astar. Bu çalışmada, itfaiyecileri termal ortamda korumak için tasarlanmış yenilikçi bir itfaiyeci koruyucu ceket önerilmiştir. Farklı üç katmanlı kumaşların koruyucu performansları başlangıçta test edilmiş ve itfaiyeci koruyucu kıyafetleri için en uygun kumaş kombinasyonu belirlenmiştir. Kumaş seçim işleminden sonra en uygun kumaş kombinasyonu kullanılarak itfaiyeci ceket tasarlanarak üretilmiştir. İlgili sensörlerle donatılmış özel olarak tasarlanmış bir elektronik sistem cekete entegre edilmiştir. Son olarak, entegre sensörlere sahip tasarlanan itfaiyeci ceket bir ısıtma fırınında test edilmiştir.

2.3. Çalışmanın Amacı

Günümüzde kişisel ısıtıcı tulum ürünlerinin, bazı gözle görülür dezavantajları vardır. Isıtma fonksiyonu için rezistif ekipman kullanımının yoğun enerji harcanmasına ve sonucunda pil performansı düşüklüğüne sebep olması nedeniyle elektrikli ısıtıcı kullanılarak dizayn edilen kıyafetler soğuk havada uzun süre çalışmamaktadır. Kimyasal ısıtıcı giysilerde de sıcaklık kontrolü yapılamamaktadır. Ayrıca açığa çıkan gizli ısı, hem mikrokapsüllenmiş hem de paketlenmiş faz değıştiren malzeme içeren ısıtıcı giysilerde insan vücudu üzerinde çok az etkiye sahiptir. Sıvı akışlı ısıtma sistemleri, insan faaliyetleri ile sınırlı ve yapısal olarak dolaşım gerektirdiğinden, fiziksel hareketi sınırlayıcıdır.

Isıtıcı giysiler için tüketici pazarı büyüktür [133,134]. Dünyada da yaygın olan, kişisel ısıtma giysilerinin soğuk ve sıcak ortamlarda kullanımına ait pazarın, gelecekte hafif, uzun ömürlü ısıtma gücü üzerinde yapılan çalışmalar başarılı olursa önemli ölçüde büyüyeceğİ düşünölmektedir.

Günümüzde fonksiyonellik veya adaptasyon, yani birden fazla koşulda kullanılabilirlik veya değışken koşullara uyum sağlayabilme, birçok teknolojik üründe olduğı gibi, giyilebilir teknolojik ürünlerde de aranılan bir özelliktir.

Bu çalışma kapsamında, tasarlanan konsept ürün üzerindeki, hava keselerinin çıkarılabilir olması, ürünün bu nedenle yıkanabilir olması, bir taşınabilir şarj aleti ile çalıştırılabilir olması ve elektronik mikroişlemci devresinin yağmur gibi dış etkenlerden etkilenmeyeceğİ fonksiyonlar sağlanarak, mevcut ürünlere alternatif bir

ürün tasarımı amaçlanmış, uygun testler yapılmış uygun lif miktarı ile anlamlı bir fark yaratan fonksiyonel tekstil ürününün tasarımı tamamlanmıştır.



BÖLÜM III

MATERYAL-METOD

Bu çalışma kapsamında hava akışlı soğumaya direnç gösterecek giysi tasarımı yapılmıştır. Önceki çalışmalarda da görüldüğü üzere, bu alanda yapılan çalışma sayısı azdır ve yeni çalışmalara daha çok ihtiyaç bulunmaktadır. Çalışmanın ilk yeniliği, giysiye elektronik algılama ve mikroişlemci eklenmiştir. Tıbbi olarak vücut ısısı ölçümünün yapıldığı vücut bölgesi olan koltuk altına sensörler yerleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem montun iç yüzünü sıcaklık sensörü ile sense edip 36 °C'nin altına düşünce (hava pompası) aktif hale gelmektedir.

3.1. Materyal

Materyal olarak araştırma kapsamında polyester kumaş, denetleyici, termal sensör, motor, pe materyal (cast film) ve elyaf kullanılmaktadır.

3.1.1. Kumaş

Tablo 3.1’de bazı liflerin ısı iletkenlik değeri verilmektedir.

Tablo 3.1 Bazı liflerin ısı iletkenlik değeri [135]

Malzeme	Isı iletkenlik (Watt/metreKelvin)
Pamuk	0.071
Yün	0.054
İpek	0.05
PVC	0.16
Selüloz asetat	0.23
Naylon	0.25
ES	0.14
PE	0.34
PP	0.12
Durgun hava	0.025

Durgun havanın ısı iletkenliği tüm liflerinkinden daha düşük olup 0.025 W/ mK'dir.

Havanın ısı iletkenliğinin tüm liflerden daha düşük olması nedeniyle, elyaf yerine tercih edilebilir olduğunu, fonksiyonel bir ürün tasarımı için tez gerçekleştirilmiş olduğunu, tezin amacına en uygun en kullanılabılır ürün olduğuna karar verildiğini belirtilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan cam kavanoz, kumaş, hava kesesi materyali ve kumaş içerisinde kullanılan elyaf aşağıdaki gibidir.

Cam Kavanoz: 370 cc cam kavanoz ağırlık 180 g silme hacmi 370 cc, çap 71,9 mm, yükseklik 121,6 mm..

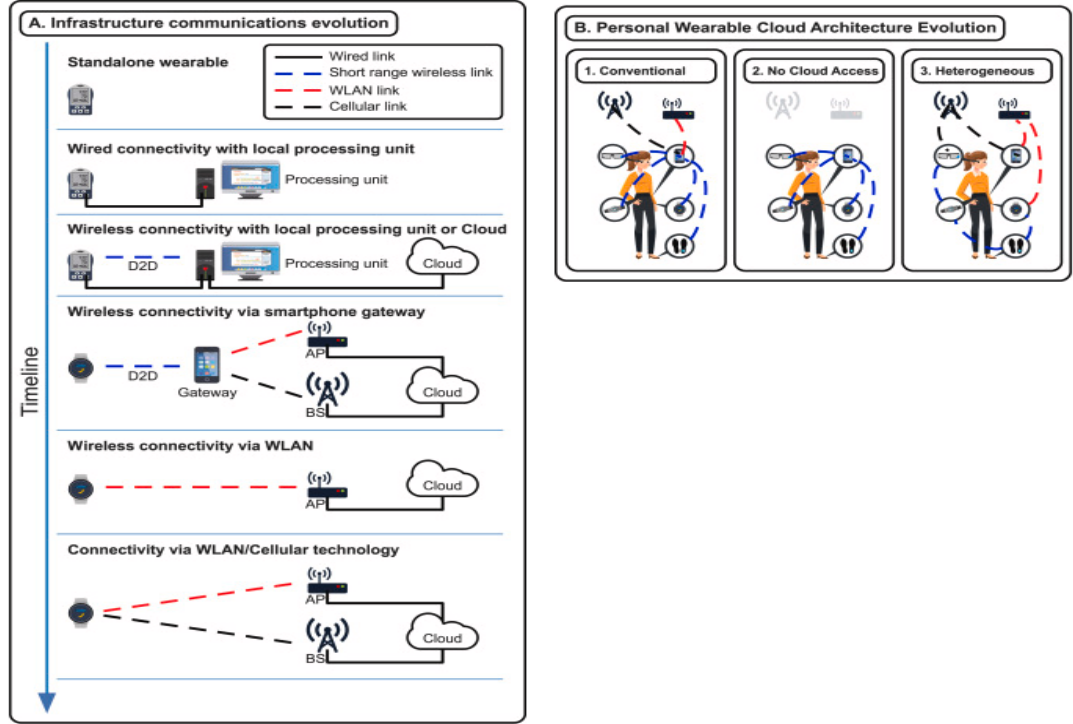
Kumaş: 0,56 gr/cm², Polyester kumaş

Hava Kesesi materyali: 0,32 gr/cm², 4 micron kalınlığında Polietilen materyal

Kumaş içerisinde kullanılan elyaf: 200 filamentten çekilmiş, 2700 denye PP CF iplik

3.1.2. Mikro Denetleyici

Tipik olarak, giyilebilir cihazlar sahibinin akıllı telefonunu internete bağlanmak için bir ağ geçidi olarak kullanmaktadır. Bu nedenle, ağ geçidi pili boşsa veya bağlantı seçenekleri yetersizse çalışma verimliliği sınırlı olabilmektedir. şu anda, bazı giyilebilir cihazlarda uzun menzilli kablosuz radyo bulunmaktadır. Ancak, yüksek güç tüketimi nedeniyle sürekli kullanım hala önerilmemektedir [135]. Giyilebilir mimarilerin evrimi şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Giyilebilir mimarilerin geliştirilmesi

Tarihsel olarak, eski e-Sağlık sistemleri, hasta tarafından giyilen biyomedikal sensörler gibi birkaç özel cihaza ve internette yerel veya uzaktan bulunan bazı depolama ve hesaplama tesislerine dayanmaktaydı [136]. Bu tür sistemlerde, giyilebilir cihazların fizyolojik sinyallerden (örneğin, kalp atış hızı, cilt sıcaklığı ve fiziksel aktiviteler) ve günlük nesnelerle etkileşimlerinden değişen bilgileri toplayarak kullanıcıların durumunu izlemelerine izin verilmektedir.

Mimari evrimin bir sonraki adımında, giyilebilir cihazlar, form faktörü sınırlamaları nedeniyle giyilebilir cihazlarda yürütülemeyen veri işleme görevleri için kablolu bağlantılar aracılığıyla daha güçlü harici cihazlara bağlanmıştır. Bu tür mimariler, özellikle sağlıkla ilgili uygulamalarda, giyilebilir çözümlerin genişletilmesinin önünde bir engel olarak kabul edilen kullanıcı hareketliliğini kısıtlamaktadır. Akıllı sağlık hizmetlerinin anahtarı, tıp merkezlerine veya hastanelere sık sık ziyaretlere gerek kalmadan hastaların sağlık koşullarını izleme ve kritik durumlarda gerçek zamanlı uyarılar sağlama yeteneğidir [137]. Sonuç olarak, geleneksel kablolu sağlık izleme sistemleri kablosuz giyilebilir sistemlerle değiştirilmiştir.

Akıllı telefonların kişisel giyilebilir bulutun bir parçası olarak kitlesel olarak benimsenmesi nedeniyle, üreticiler diğer tüketici giyilebilir cihazlarını bağımsız cihazlardan ziyade kişisel bir ekosistemde takviye olarak hedeflemeye başlamışlardır. Kişisel akıllı telefonların, verileri doğrudan veya özel uygulamalarla buluta iletmek için röleler veya ağ geçitleri olarak hareket ettiği yeni bir mimari sunulmuştur. Ayrıca, bu mimari, kullanıcıların çok sayıda genel amaçlı akıllı cihaza yakınlığı arasında köprü kurabilen IoT teknolojileri tarafından desteklenmektedir. Bu IoT cihazları, kullanıcıyı çevreleyen çevre hakkında daha fazla bilgi toplamaya ve kullanıcının ihtiyaçlarına uyarlamaya olanak tanımaktadır.

Domingo [138]'de sağlanan IoT mimarisine göre, ağ geçitlerine engelli insanlar için algı katmanının bir parçası olan izleme istasyonları da denmektedir. Mantıksal olarak, bulut teknolojisine sahip kişisel giyilebilir cihazların geliştirilmesiyle birlikte, mantıksal yıldız benzeri topolojinin iletişime katılması gerekmektedir. Bununla birlikte, Bluetooth teknolojisinin önde gelen bir bağlantı etkinleştiricisi olarak geniş çapta benimsenmesi nedeniyle, giyilebilir cihazlar, ağ geçidi cihazlarını gelişmiş bir biçimde kullanarak tamamen merkezi bir şekilde iletişim kurmaya başlamıştır.

Çoğu fitness, spor ve sağlık giyilebilir uygulaması, verilerini akıllı telefonlarda yüklü uygulamalarla paylaşırken, dördüncü evrim adımını izlemektedir. Bu seçenek, yakınlarda bir akıllı telefonun bulunmaması, akıllı telefonlarda yüklü olmayan uygulamalar veya eski bir telefon yazılımı gibi giyilebilir cihazların ağa bağlanamadığı çeşitli durumları ifade etmektedir. Bu tür olası senaryoları ve son kullanıcıların sürekli artan beklenti ve ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak, cihaz üreticileri giyilebilir cihazları kısa menzilli ve uzun menzilli bağlantı yonga setleriyle donatmayı düşünmektedir. Sonuç olarak, bu bağımsız giyilebilir cihazlar diğer cihazlardan bağımsız olarak çalışabilmektedir [139].

Bu bağımsız giyilebilir tabanlı mimari, giyilebilir cihazları diğer kişisel cihazlardan ayırmaya yönelik bir yol ve doğrudan bulutla iletişim kurma fırsatı sunsa da, ağ tasarımı ve boyutlandırma açısından bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, genellikle ağ geçidi cihazları tarafından gerçekleştirilen ön işleme eksikliği nedeniyle kablosuz ağlarda ek yükler beklenmektedir. Diğer bir zorluk, düşük güçte çalışma için optimize edilmiş konuşlandırılmış iletişim teknolojileri, dolayısıyla uzun pil ömrü ve azaltılmış cihaz karmaşıklığı ile ilgilidir.

Bugün, çoğu giyilebilir cihazda en az iki kablosuz arayüz bulunmaktadır. Operasyonu birleştirme eğiliminin, satıcıları gelişmiş durumsal farkındalığa dayanan akıllı teknoloji seçim mekanizmaları olasılığı ile daha fazla kablosuz modül eklemeye zorlaması beklenmektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan Arduino Nano Geliştirme Kartına ilişkin mikro denetleyici özellikleri Tablo 3.2’deki gibidir.

Tablo 3.2 Mikro denetleyici özellikleri

Mikrodenetçi	Atmel ATmega328
Çalışma gerilimi	5V
Giriş gerilimi (önerilen)	7-12V
Giriş gerilimi (sınır)	6-20V
Dijital I/O pinleri	14 (6 tanesi PWM çıkış)
Analog giriş pinleri	8
I/O pin başına DC akımı	40 mA
Flash Bellek	32KB 2 KB ön yükleme için kullanılır
SRAM	1 KB
EEPROM	1 KB
Saat hızı	16 Mhz
Boyut	X 1.70”
Uzunluk	45 mm
Genişlik	18 mm
Ağırlık	5 g

3.1.3. Sensör

Ölçümlerde kullanılan dijital sensör devre özellikleri Tablo 3.3’teki gibidir.

Tablo 3.3 Dijital sensör devresinin özellikleri (WX 101W)

Sıcaklık kontrol aralığı	-40 -120°C
Ölçüm doğruluğu	0.1 °C.(-9.9 ila 99.9 °C)
Histerezis doğruluğu	Varsayılan 0.1 °C
Yenileme hızı	0.5 S
Giriş gücü	DC 5 - 12V.
Ölçüm girişleri	Su geçirmez sensör
Çıkış	1 kanal röle çıkışı, kapasite = 12A
Çevre gereksinimleri	-20 ~ 85 °C

3.1.4. Motor

Mikro Hava Pompası Motoruna ait bilgiler Tablo 3.4’te gösterildiği gibidir.

Tablo 3.4 Mikro Hava Pompası Özellikleri

Micro Hava Pompası	3V 30KPa 0.3l/dakika
Akım	90mA
Hava akışı	> 0.3 l/dakika
Renk	Gümüş / Krem
Ağırlık	13gr
Çalışma voltajı	DC 3V
Basınç	30 kPa
Malzeme	Metal, Plastik
Boyutlar	15mm x 32mm

3.1.5. Hava kesesi

4 mikron kalınlığında ve ağırlığı 32 gm/m² olan PE (cast film)materyal.

3.1.6. Elyaf

Test için oluşturulan tasarımlarda kullanılan 200 filamentten çekilmiş, 2700 denye, polipropilen materyalden imal edilmiş elyafa ait görsel Şekil 3.2'deki gibidir.



Şekil 3.2 Kullanılan elyafın görseli

3.1.7. Kılıf

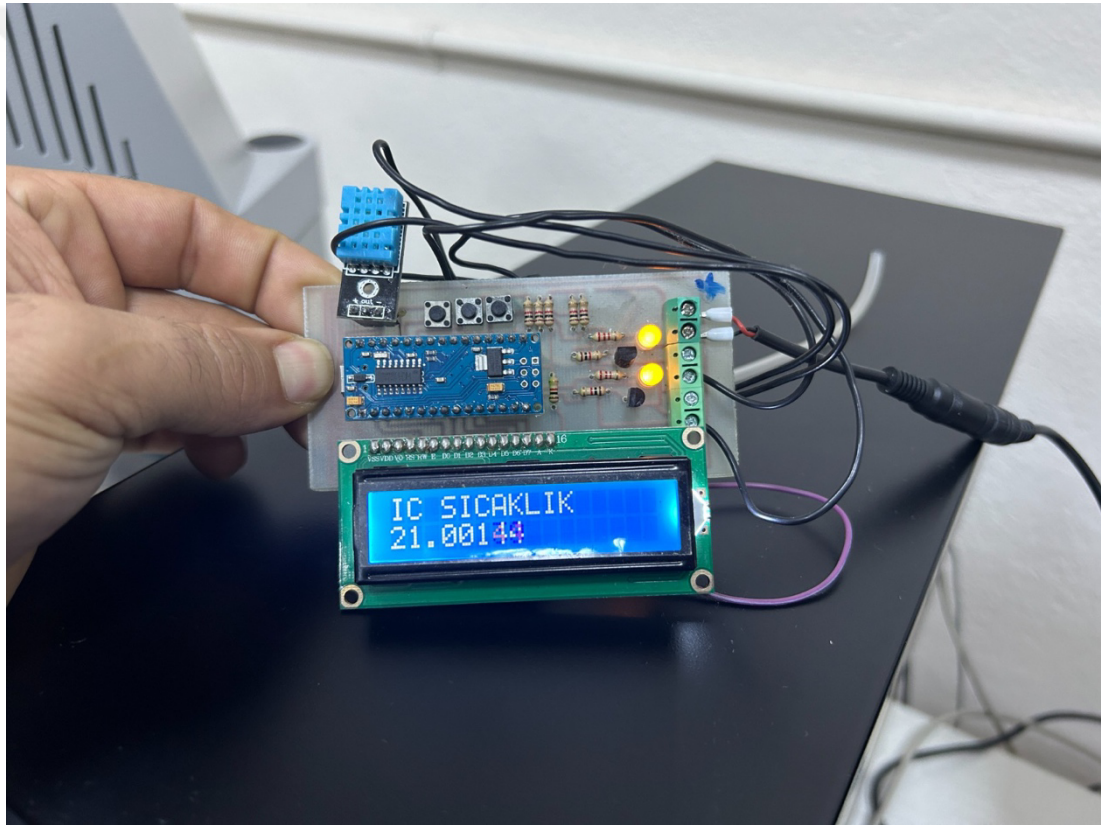
45 atkı, 35 çözgü sıklığında ve ağırlığı 56 gr/m² olan polyester materyal

3.2. Metot

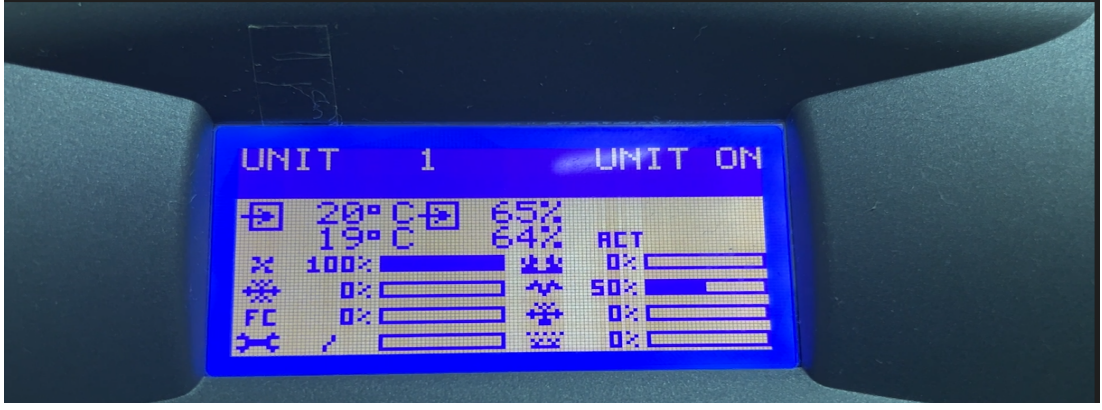
Çalışmada ortam ısisına bağılı olarak yalıtım sağılayan bir giysi tasarımı yapılmadan önce söz konusu yalıtımın sağılanması açısından hava kullanılmasına karar verilmiştir. Giysi tasarımına geçilmeden önce prototip tasarımı üzerinde sıcaklık yalıtımında en

etkili parametreler ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu konuda elyaflı, hava keseli, elyaflı ve hava keseli tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımlarla sıcaklığı 20 °C ve %65 nem oranına sahip kondisyonlanmış laboratuvar da 37,5 °C’de (vücut sıcaklığında) başlayan testler, kişilerin rahatlık hissinin değişebileceği sıcaklık değeri olan 30 °C’ye kadar tekrarlanmıştır.

Sonuçlar, havanın yalıtım üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gösterdiği için, giysi tasarımı yapılmış, giysi içerisine hava keseleri yerleştirilmiştir. Sonrasında da giysi üzerine yerleştirilen sensörle sıcaklığın algılanarak sistemin kendi kendine karar vermesi ve mini hava pompası ile giysi içerisindeki hava keselerini hava ile doldurması sağlanmıştır.



Şekil 3.3 Ölçüm değerlerine göre çalışan akıllı sistem devresi arayüz görseli

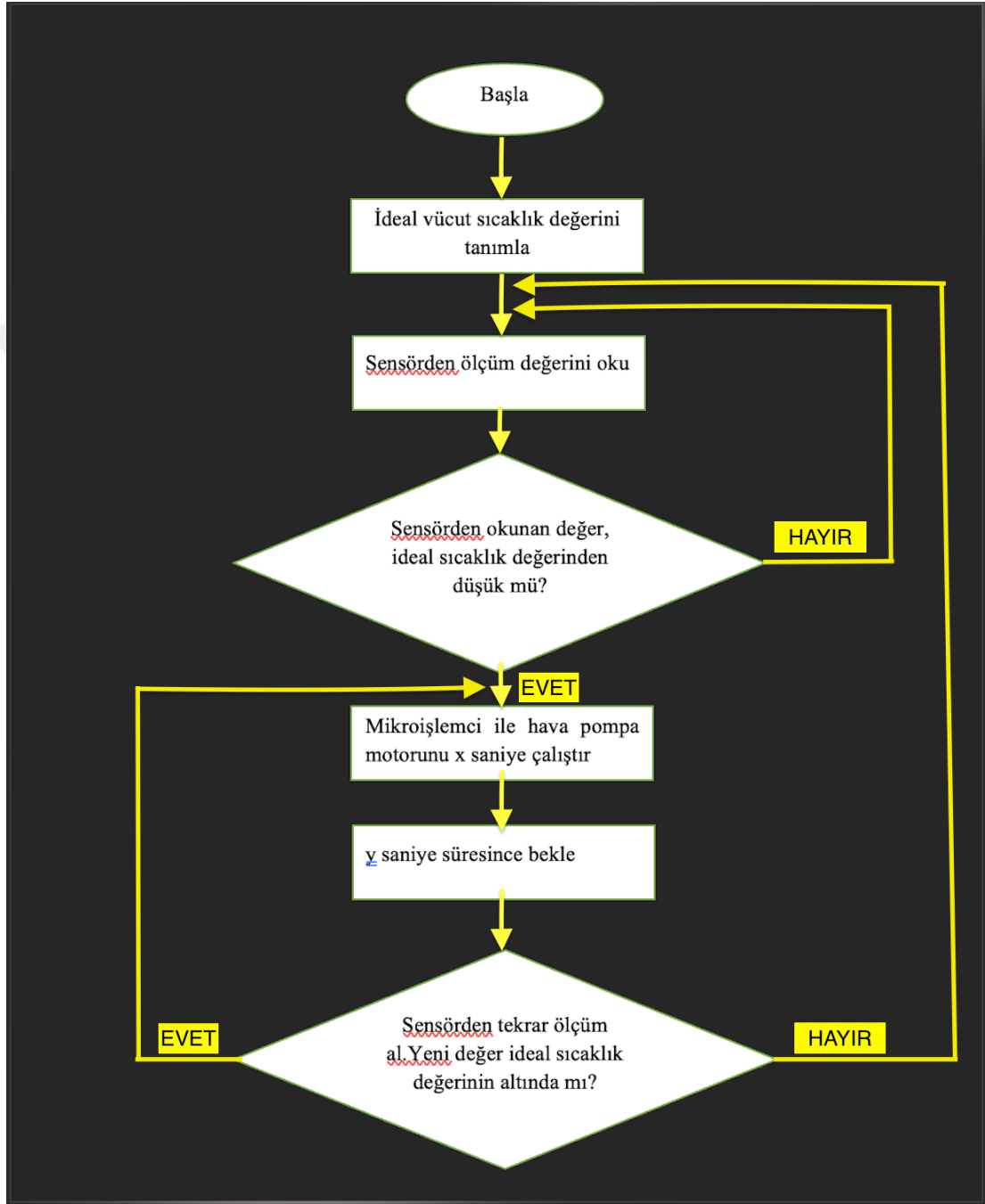


Şekil 3.4 Koşullandırılmış laboratuvar sıcaklık ve nem değerleri görseli

Araştırma kapsamında geliştirilen algorithmada ele alınan sistem bir elektronik denetleyici, bir sensör, bir mini hava pompası, bir ekrandan ve sistemin ihtiyacı olan bataryadan oluşmaktadır. Sensörler, pompa ve ekran mikrodnetleyiciye bağlıdır. Geliştirilen sistemin genel şekli ve çalışma mantığı şu şekildedir:

1. Kıyafetin uygun bir alanına sensörler (örneğin, koltuk altına yakın) yerleştirilir.
2. Sistem başlatıldığında, denetleyici içerisindeki yazılıma, tercih edilen ideal vücut sıcaklığı değeri girilir.
3. Bu sensörlerden mikrodnetleyiciye gelen bilgi, tercih edilen ideal sıcaklık değeri ile karşılaştırılır.
4. Kullanıcının sensörle ölçülen vücut ısısı belirlenen değerin üzerindeyse herhangi bir işlem yapılmaz. Sistem her 5 saniyede bir yeniden ölçüm alır.
5. Kullanıcının vücut ısısı, belirlenen değerin altındaysa, pompa motoruna komut gider ve belirlenen süre zarfında (örneğin 10 sn) motor, tekstil ürünü içerisine yerleştirilmiş hava keseciklerine, hava basar. Basılan bu hava ile tekstil ürününün içindeki hava katmanı genişletilerek, kullanıcının vücut ısısının kaybolmaması için dış ortama karşı, yalıtım katmanı güçlendirilir
6. İzolasyonun arttırıldığı andan sonra hava pompası belirlenen süre kadar beklemeye geçer.
7. Ölçümden sonra 3. Adıma tekrar dönlür.
8. Ölçülen değeri yine belirlenen değerin altındaysa, hava motoru yine devreye girerek 5. adım tekrarlanır.
9. Sürekli tekrarlanma sırasında, hava keseciklerinin zarar görmemesi için, keseciklerin bağlantısına, bir ayarlanabilir valf eklenerek, sistem korunmuş olur.

Yukarıda anlatılan tasarımın adımları algoritma şeması şeklinde Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Bahsi geçen algoritmanın tasarımının hayata geçirilmesiyle, yeni bir ürün olan, farklı sıcaklıklarda vücut ısını yalıtım katmanı oluşturarak koruyabilen akıllı bir tekstil ürünü tasarımı yapılmış olacaktır.



Şekil 3.5 Ortam sıcaklığına bağlı ısı yalıtımı yapan tekstil ürünü tasarımının mikroişlemci algoritması

Şekil 3.5'te görüleceği gibi, tekstil ürünü tasarımının teorik arka planı oluşturulmuştur. Uygulama ile ilgili gerekli malzemeler olan bir elektronik denetleyici, bir sensör, bir mini hava pompası, bir ekran ve sistemin ihtiyacı olan enerji temin edilmelidir.

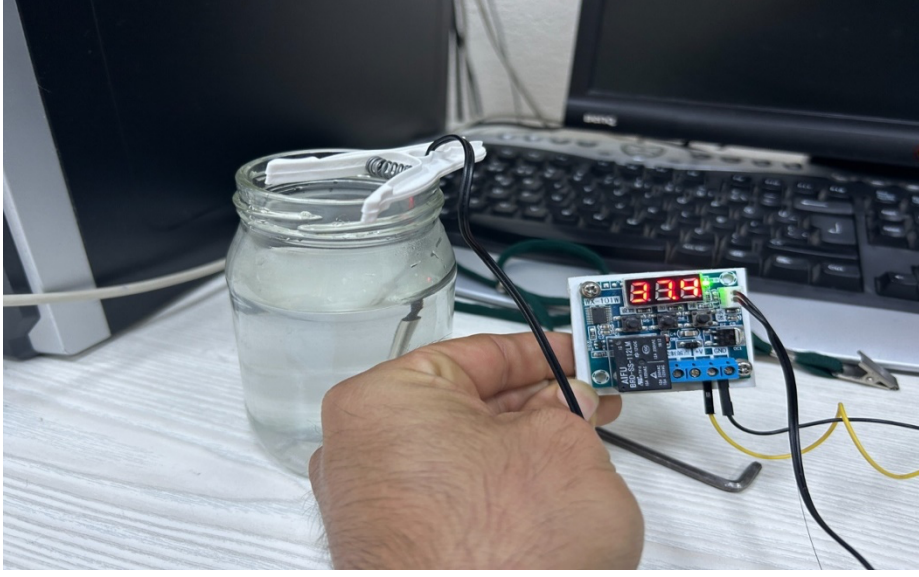
3.3. Deneysel Tasarım

20 °C’de %65 nem oranına sahip koşullandırılmış laboratuvarında, cam kap içerisi 350 cc ısıtılmış saf su ile doldurup, kabın etfarı tamamen açık olarak, ısı sensörünün probu cam kabın dış yüzeyine temas etmeden tamamen suyun içinde kalacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 3.6 Kılıfsız ölçüm düzeneği görseli

Kavanoz içerisindeki suyun ısısı 37,5 °C’ye geldiğinde, ısı değişim ölçümleri alınmaya başlanmakta ve probun algıladığı ve göstergede görülen ısı değeri 30 °C’ye inene kadar ölçüm yapılmıştır.

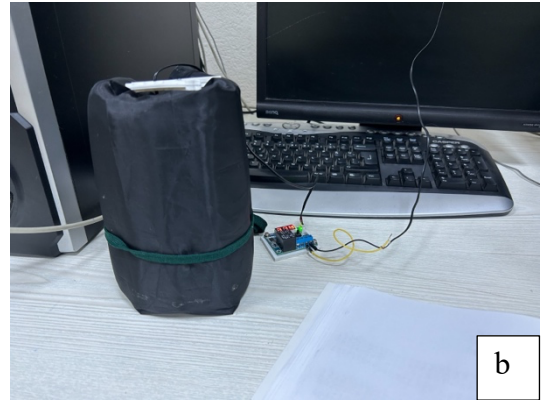


Şekil 3.7 Su sıcaklığı ölçümüne ilişkin görsel

Çalışma esnasında, farklılıklarını incelemek üzere 4 farklı tasarım hazırlanmış ve bu tasarımlar şu şekilde adlandırılmıştır:

1. Kılıfsız
2. Kılıf+hava kesesi
3. Kılıf+elyaf
4. Kılıf+elyaf+hava kesesidir.

Hava kesesi 0,5 litre hava doldurulmuş ve kılıf içerisine yerleştirilmiştir. Tasarlanan ürün , cam kavanoz etrafına sarılmış ve kavanoz içerisindeki ısıtılmış saf suyun 37,5°C'den 30 °C'ye düşene kadar meydana gelen zamana bağlı sıcaklık değişimleri tespit edilmiştir. Söz konusu işleme ait görseller Şekil 3.8-a ve 3.8-b de verilmiştir.



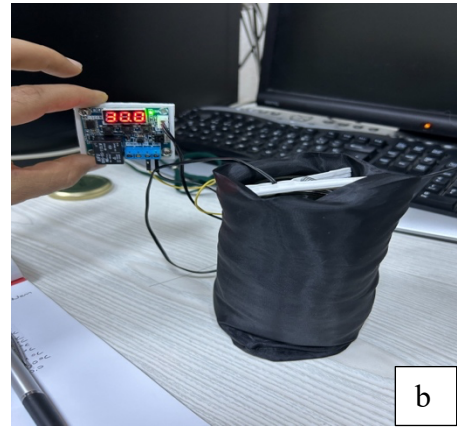
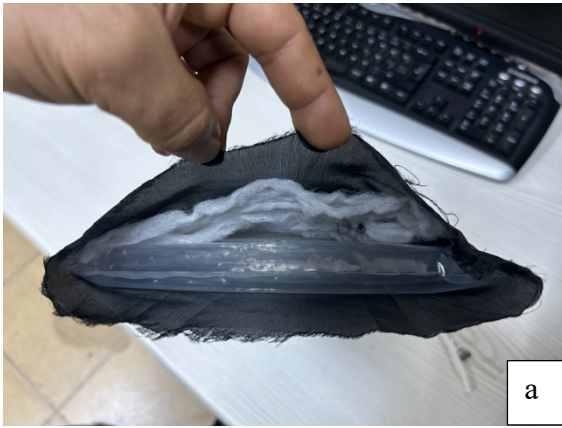
Şekil 3.8 Hava keseli kılıf tasarımı (a) ve ölçümü (b)

Kılıf içersine 9 gr ağırlığında elyaf yerleştirerek, aynı ölçüm prosesi tekrarlanmıştır.



Şekil 3.9 Kılıf+elyaf ile kurulan düzenek görseli

Ölçüm prosesinin bir sonraki tekrarında, kılıf içersine 4,6 gr elyaf ve içerisi 0,5 litre hava doldurulmuş hava kesesi , birlikte yerleştirilmiş halinin, kavanoz etrafına sarılı halde iken, kavanoz içerisindeki saf suyun sıcaklığının 37,5°C’den 30°C’ye düşüş süresi ölçülmüştür.



Şekil 3.10 Kılıf + elyaf +hava kesesi düzeneği (a) ve ölçümü (b)

3.4. Deney Uygulaması

Bahsedilen sistemin öngörülen amaçları gerçekleştirme konusunda performanslarının değerlendirilmesi için, termal manken bulunmadığı için, sıcaklık değişimlerini ölçmek için içerisinde sıcak saf su bulunan cam kavanozu, prototip olarak kullanıp, üzerinde çalışma yapılmıştır. Koşullandırılmış laboratuvar ortamında içerisinde ısıtılmış saf su bulunan cam kavanoz ve üzerinde bağlantılı ısı sensörü ile algıladığı anlık ısı değişimini gösteren elektronik devre, sıcaklık değişimini gözlemlemek için kullanılmıştır. Test sırasında cam kavanoz tercih edilmesinin nedeni sıcaklığın, aynı şekilde korunmasıdır.

Isı kontrol devresinde, sensörün yerleştirileceği yerin değiştirilmesine olanak sağlayan yüzey temaslı ısı sensörü kullanılmıştır. Ayrıca hava keselerinin doldurulmasını sağlayan sistemde, yumuşaklığı nedeniyle kullanım kolaylığı ve bağlantı noktasında hava sızıntısı sorunu yaşatmadığı için, 4mm pnömatik hava hortumu yerine medikal infüzyon seti hortumu kullanılmıştır.

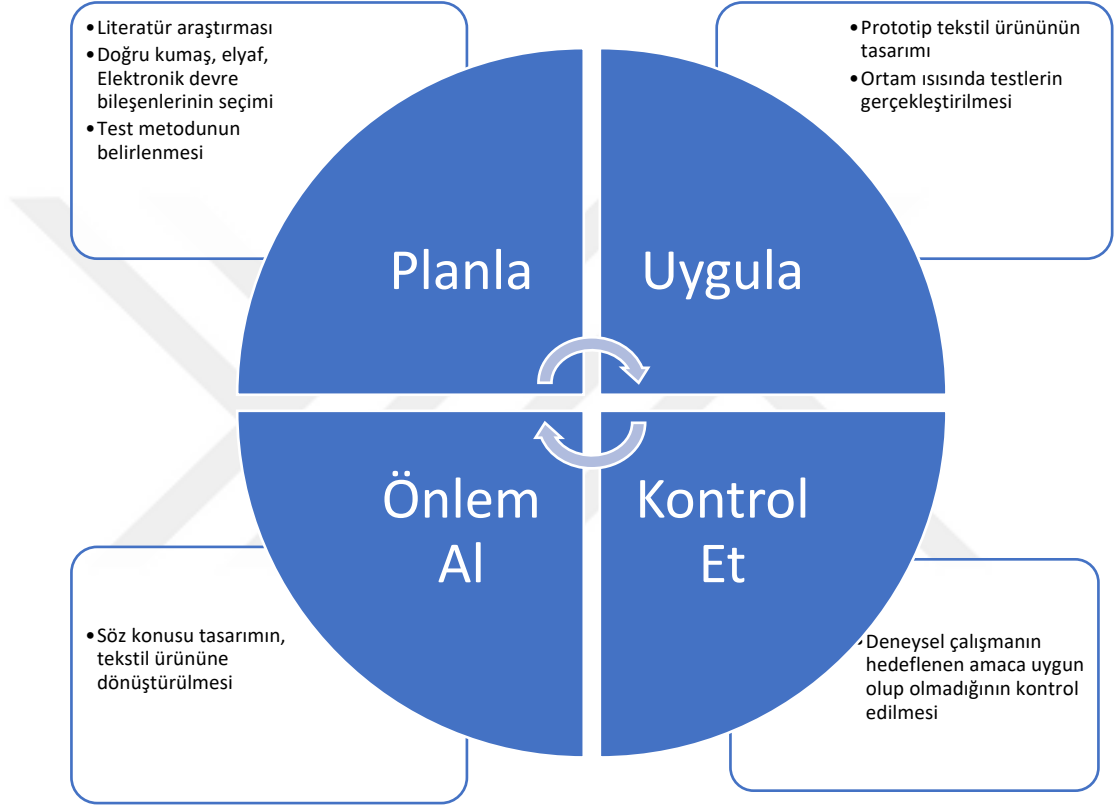
Kurulan deney ve ısı kontrol devresi düzeneği, herhangi bir kılıf olmadan, kılıf içerisinde doldurulmuş hava keseciği ile, kılıf içerisinde elyaf ile ve son olarak da kılıf içerisine hem hava keseciği hem de elyaf konularak, eşit ortam şartlarında testlere tabi tutulmuş ve hava kesecikleri ile yalıtım katmanı oluşturulduğunda, ısı kaybını geciktirdiği, laboratuvar ortamında ölçümlenmiştir.

20°C’de %65 nem oranı şartlarındaki koşullandırılmış laboratuvar ortamında, cam kavanoz içerisinde 350 cc ısıtılmış saf su, kılıfsız, içerisinde 9 gr ağırlığında olan ve 0,5 litre hava ile doldurulmuş hava kesesi bulunan kılıf ile sarılarak, 9 gr elyaf doldurulmuş kılıf ile sarılarak, 4,6 gr PP Elyaf ve 9 gr ağırlığında olan ve 0,5 litre hava ile doldurulmuş hava kesesi bulunan kılıf ile sarılarak , olmak üzere 4 farklı kondisyonda, 37,5 °C sıcaklıktan 30 °C sıcaklığa düşene kadar bekletilmiş ve bu bekleme süreleri tespit edilmiştir.

3.5. PUKÖ Çevriminin Tez Çalışmasına Uygulanması

Mühendislik alanında bir ürünün tasarımın yapılmasından önce, planlarının yapılması gerekmektedir. Söz konusu tasarım yapılmadan önce literatür araştırılmış, gerekli olan

materyaller temin edilmiş, bu materyallere uygun olarak prototippin nasıl yapılacağına karar verilerek uygulama gerçekleştirilmiştir. Sonrasında bu uygulamaya uygun olarak testler yapılmış ve testler ortam şartlarında ve laboratuvar ortamında tekrar edilmiştir. Test sonuçlarının olumlu olduğu varsayılarak, akıllı tekstil tasarımını gerçekleştirmek üzere tekstil ürününe dönüştürülmüştür. Sensörler ve mikro işlemci vasıtasıyla da sistemin algılayıp tepki veren bir ürüne dönüştürülmesi sağlanarak çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 3.11 Termal tekstil ürünü tasarımına ait PUKÖ çevrimi

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Bahsedilen sistemin öngörülen amaçları gerçekleştirme konusunda performanslarının değerlendirilmesi noktasında sıcaklık değişimini gözlemlemek için, koşullandırılmış laboratuvarda içerisinde ısıtılmış saf su bulunan cam kavanoz ve içerisindeki ısı sensörünün algıladığı anlık ısı değişimini gösteren elektronik devre, kullanılmıştır. Deneysel tasarım ve 4 farklı prototipe ilişkin elde edilen bulgular bu bölümde verilmektedir.

4.1. Prototip ile ilgili çalışmalar

Tablo 4.1’de kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1 Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri

Dakika	Kılıfsız	Hava Keseli	Elyaf	H.Kesesi+Elyaf
0	37,5	37,5	37,5	37,5
1	37,3	37,3	37,3	37,3
2	37,0	37,2	37,1	37,1
3	36,8	37,0	36,9	36,9
4	36,6	36,8	36,8	36,8
5	36,4	36,6	36,6	36,7
6	36,2	36,5	36,5	36,5
7	36,0	36,3	36,3	36,4
8	35,7	36,2	36,2	36,3
9	35,5	36,0	36,0	36,2
10	35,3	35,9	35,9	36,1
11	35,1	35,7	35,7	36,0
12	34,9	35,5	35,6	35,9
13	34,7	35,4	35,5	35,7
14	34,4	35,2	35,4	35,6
15	34,2	35,1	35,3	35,5
16	34,0	35,0	35,1	35,3
17	33,9	34,8	35,0	35,2
18	33,7	34,7	34,8	35,1
19	33,5	34,5	34,7	34,9
20	33,3	34,4	34,6	34,8
21	33,1	34,2	34,5	34,7
22	33,0	34,1	34,3	34,7

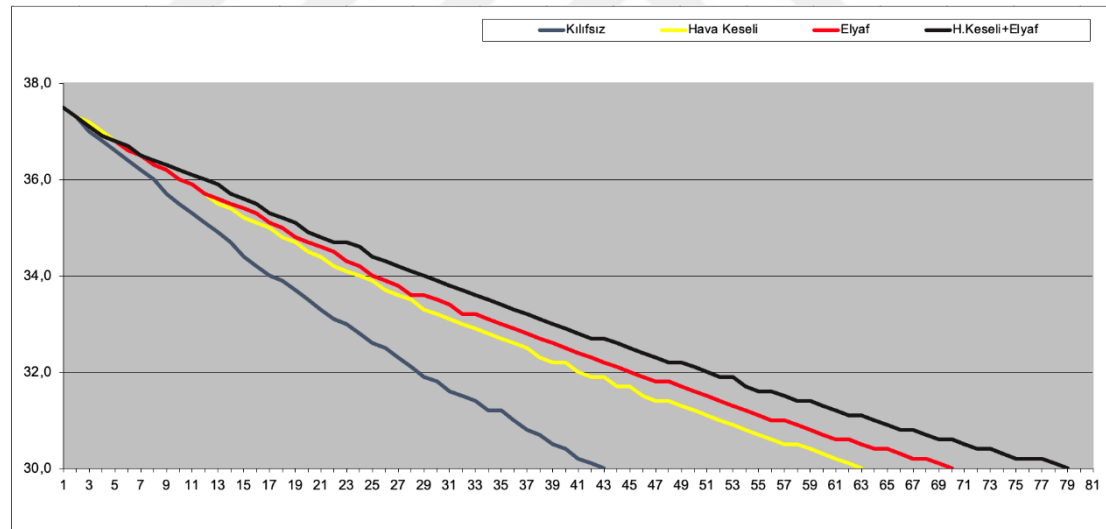
Tablo 4.1. Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri (devamı)

Dakika	Kılıfsız	Hava Keseli	Elyaf	H.Kesesi+Elyaf
23	32,8	34,0	34,2	34,6
24	32,6	33,9	34,0	34,4
25	32,5	33,7	33,9	34,3
26	32,3	33,6	33,8	34,2
27	32,1	33,5	33,6	34,1
28	31,9	33,3	33,6	34,0
29	31,8	33,2	33,5	33,9
30	31,6	33,1	33,4	33,8
31	31,5	33,0	33,2	33,7
32	31,4	32,9	33,2	33,6
33	31,2	32,8	33,1	33,5
34	31,2	32,7	33,0	33,4
35	31,0	32,6	32,9	33,3
36	30,8	32,5	32,8	33,2
37	30,7	32,3	32,7	33,1
38	30,5	32,2	32,6	33,0
39	30,4	32,2	32,5	32,9
40	30,2	32,0	32,4	32,8
41	30,1	31,9	32,3	32,7
42	30,0	31,9	32,2	32,7
43		31,7	32,1	32,6
44		31,7	32,0	32,5
45		31,5	31,9	32,4
46		31,4	31,8	32,3
47		31,4	31,8	32,2
48		31,3	31,7	32,2
49		31,2	31,6	32,1
50		31,1	31,5	32,0
51		31,0	31,4	31,9
52		30,9	31,3	31,9
53		30,8	31,2	31,7
54		30,7	31,1	31,6
55		30,6	31,0	31,6
56		30,5	31,0	31,5
57		30,5	30,9	31,4
58		30,4	30,8	31,4
59		30,3	30,7	31,3
60		30,2	30,6	31,2
61		30,1	30,6	31,1
62		30,0	30,5	31,1
63			30,4	31,0
64			30,4	30,9
65			30,3	30,8
66			30,2	30,8
67			30,2	30,7

Tablo 4.1. Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri (devamı)

Dakika	Kılıfsız	Hava Keseli	Elyaf	H.Keseli+Elyaf
68			30,1	30,6
69			30,0	30,6
70				30,5
71				30,4
72				30,4
73				30,3
74				30,2
75				30,2
76				30,2
77				30,1
78				30,0

Tablo 4.1’de görüldüğü üzere, 4 farklı tasarımın sıcaklığı 30°C’ye düşen dakikaları ele alınmıştır. Kılıfsız tasarım 42. dakikada, hava keseli tasarım 62. dakikada, elyafli tasarım 69. Dakikada, hava keseli ve elyafli tasarım ise 30°C’ye 78. Dakikada düşmüştür.



Şekil 4.1 Kullanılan malzemelerin dakikalara göre sıcaklık değerleri grafiği

Şekil 4.1’de görüldüğü üzere, hava keseli tasarım ile kılıfsız tasarımın testlerinde sıcaklığın 30°C’ye düşme durumu incelendiğinde, aralarında 20 dakikalık bir fark görülmektedir.

4.2 Konsept Tekstil Ürününün Tasarımı

Elde edilen sonuçlar göz önüne alındığında, kılıfsız ve hava keseli tasarım testleri arasındaki fark olan 20 dakika, yürünerek kat edilen bir mesafe için önemli bir süre olarak değerlendirilmiştir. Bu süreç içerisindeki vücut ısısının düşüş süresinin uzatılması, bu tasarım ürününün başarısının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir.

Bu değerlendirme sonucunda, söz konusu hava keseli tasarımın tekstil ürünü tasarımı için uygun olduğuna karar verilmiştir. Söz konusu yeleğin tasarımı gerçekleştirilmiş, sıcaklık 36 derecenin altına indiğinde, bunu sensörle algılayarak yelek içerisindeki hava keselerini otomatik olarak şişirdiği kanıtlanmıştır.

Kılıf için belirlenen kumaştan, yelek formu verilerek tekstil ürünü modellenmiştir. İçerisine hava keseleri, Şekil 4.2-a, Şekil 4.2-b ve Şekil 4.2-c’de görüldüğü üzere, yeleğin önünde sağa, sola ve arka tarafta sırt kısmına yerleştirilmiştir.



Şekil 4.2 Konsept tasarımın boş (a), hava keseli hali (b) ve hava kesesinin yakından görünüşü

Sensör ucu Şekil 4.3-a görülen biçimde koltuk altına gelecek şekilde yerleştirilmiş, hava keseleri de Şekil 4.3-b ve Şekil 4.3-c’deki biçimde birbirine ve aynı zamanda mikroişlemci devresinin sürdüğü hava pompasına medikal infüzyon seti hortumu ve pnömatik sistem bağlantı elemanları vasıtasıyla bağlanmıştır. Böylece hava pompası aktif hale geldiğinde tüm hava keseleri aynı anda şişmeye başlamaktadır.



Şekil 4.3 Sensör yerleşimi (a), tasarıma yerleştirilmiş birbiriyle bağlantılı hava keseleri (b) ve hava keselerini şişiren hava pompası ve dağıtım elemanı bağlantısı

BÖLÜM V

TARTIŞMA

Her geçen gün gelişen ve çeşitliliği artan teknolojik yeniliklerin, günlük hayata en çok nüfuz eden unsurlarından, akıllı ürün yelpazesi ve bu ürünlere ait pazarın kararlı bir şekilde genişleyeceği öngörülmektedir. Günümüzde giyilebilir teknolojik ürünler terimi, içeriğinde farklı teknolojileri barındıran tekstil ürünleri haline evrilmiştir.

Çevresel duyarlılığa sahip olup, bu duyarlılığı aksiyona çevirerek kullanıcısına ek fayda sağlayan teknolojik ürünler, şaşırtan yenilikler olmaktan çıkarak, talep edilen yenilikler halini almıştır. Yapılan literatür incelemesinde karşılaşılan tasarımlarda, dış ortamdan yalıtım sağlamak için kumaş kılıflar içerisinde elyafın, sıvı akışının, kimyasalların ve elektrikli ısıtma sistemlerinin kullanıldığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında, yapılan literatür incelemesinde karşılaşılan yalıtım sağlayan giysi tasarımlardan farklı olarak vücut ısını algılayabilen ve ısı yalıtımını otomatik olarak sağlayabilen bir ürün tasarlanmıştır. Bu ürün vücut sıcaklık değerinin, belirlenen sıcaklık değerinin altına düşmesi halinde, aktif hale gelerek hava pompası motoru vasıtası ile belirlenen aralıklarda hava keselerine otomatik olarak dolum yapmakta ve dış ortam ile kullanıcı temas yüzeyi arasında yalıtım katmanı oluşturmaktadır.

Söz konusu akıllı sistem, sıcaklık algılama sensörü, sıcaklık sensöründen algılanan sinyali bir algoritma çerçevesinde değerlendiren bir yazılım, değerlendirme sonrası gelen sinyale göre sistemi aktif/pasif hale getiren bir mikro işlemci devresi, sistem aktif hale geldiğinde hava üflemesini yapan pompa motoru sistemi, üflenen hava ile dolan hava keseleri ve bu keselere giden hava hortumundan oluşmaktadır.

Elde edilen bu bulgulara dayanarak, belirlenen sıcaklık değeri değişimlerinde içerisindeki hava kesecikleri, üzerindeki akıllı elektronik sistemle otomatik olarak şişirilmek suretiyle, ısı yalıtım katmanı oluşturan giyilebilir konsept ürün tasarımı yapılmıştır. Ürün daha birçok geliştirmeye açık halde olmakla beraber, bu tasarım

şekline gelirken izlenen metodlarla da, ilerideki çalışmalara ışık tutabilecek yönler barındırmaktadır.

Çalışmanın amacı, mevcut ürünlere alternatif bir ürün sağlamaktır. Havanın, ısı iletkenliğinin tüm liflerden daha düşük olması nedeniyle, bu çalışma kapsamında en uygun, en kullanılabilir ürün olduğuna karar verilmiş, elyaf yerine tercih edilerek, fonksiyonel bir ürün tasarımı için tez gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan hava keselerinin, kılıf içerisinde hazırlanan ceplere kolayca yerleştirilip çıkarılabilmesi, ürünün bu nedenle yıkanabilir olması, bir taşınabilir şarj aleti ile çalıştırılabilir olması, yağmur gibi dış etkenlerden etkilenmeyeceği fonksiyonlar sağlanarak, mevcut ürünlere alternatif bir ürün tasarımı amaçlanmıştır. Uygun testler yapılmış uygun lif miktarı ile anlamlı bir fark yaratan fonksiyonel tekstil ürününün tasarımı tamamlanarak, çalışmadaki PUKÖ döngüsü tamamlanmıştır.

Sonraki çalışmalar için öneriler olarak mevcut ceket tasarımının sırt veya omuz kısımlarına güneş panelleri yerleştirilerek, enerji beslemesinin buradan sağlanması düşünülebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Saville B.P. (1999) *Physical testing of textiles*. Woodhead Publishing Ltd. England.
- [2] C. Gaston. (1944). "A comparison of shrinkage due to laundering of cotton, linen and rayon fabrics pressed under controlled tensions," Master of Science, Department of Clothing and Textile, Kansas state college of agriculture and applied science, Topeka, Kansas
- [3] A. K. R. (2017.) Choudhury, *Principles of Textile Finishing*. England: Elsevier,
- [4] Emek, A. (2004) "Teknik Tekstiller DünyaPazarı, Türkiye'nin Üretim ve İhraç İmkanları", T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara,
- [5] Horrocks, A. R., Anands, C. (2003), *TeknikTekstiller El Kitabı (Technical TextilesHandbook)*, The Textile Institute, TürkTekstil Vakfı,
- [6] Adanur, S. (1995), "Wellington SearsHandbook of Industrial Textiles", Technomic Publishing Company, Inc.,
- [7] Pillai, MS; Vasudev, R. (2001) "*Applications ofcoir on agrotech*", InternationalSeminer on Technical Textiles,Mumbai, Hindistan,
- [8] Kosiyanon, R. (2003), "*Technical Textiles: AnIndustry Overview*", TTIS,
- [9] Bulut, Y., Sular, V., (2010), *Kaplama veya Laminasyon Teknikleri ileÜretilen Kumaşların Genel Özellikleri ve Performans Testleri*, Tekstil ve Mühendis, 15(1), Sayı:70-71.
- [10] Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I.,(2007a), Tekstil veKonfeksiyon, 17(2), s.79-82.
- [11] Mecit, D., Ilgaz, S., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I.,(2007b), Tekstil veKonfeksiyon, 17(3), s.154-160, 2007.
- [12] Toprakkaya, D., Orhan, M., Güneşoğlu C., (2002), *Polyester EsaslıFarklı Yapıdaki Otomotiv Koltuk Döşeme Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılması, Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, s.347-356, Bursa
- [13] Cengiz, T.G., Babalık, F.C., (2005), *Otomobil Sürücü Koltuklarının Subjektif Konfor Değerlendirmesi*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, X. Otomotiv veYan Sanayi Sempozyumu, 27-28 Mayıs, Bursa.
- [14] Fung, W., (2004), Handbook of TechnicalTextiles, 490-522, The Textile Institute.

- [15] Grassnick, R. Tränkler, H.-R. Geissler, C. Heinze, M. (2001) „*A Contribution to Energy-Saving FoodStorage in Private Households*”, Proceedings of Smart Systems and Devices, Hammamet, Tunisia.
- [16] Ziebs S., "Market sensors by combining competence", Sensors and Actuators, A 81, P. 317-319, Elsevier, 2000.
- [17] Tränkler, H., & Kanoun, O. (2001). *Smart Systems and Devices: Innovative Key Modules for Engineering Applications*.
- [18] BALCI, H., 2006. Akıllı (Fonksiyonel) *Tekstiller, Seçilmiş Kumaşlarda Antibakteriyel Apre ve Performans Özellikleri*. Çukurova Üniversitesi, Fen BilimleriEnstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [19] JOSE A.G. , 2005. *Advances in Technology: Smart & Engineered Textiles*. Protective Clothing Research Group, Department of Human Ecology,University of Alberta.
- [20] NORSTEBO, C.A., (2004). Intelligent Textiles, Soft Products. Norwegian Universityof Science and Technology, Department of Product Design NTNU,Norway.
- [21] MMT (2009). London – UK 31 July , [http:// www.mmttextiles.com](http://www.mmttextiles.com)
- [22] TUT (2010). Tampere University of Technology, Intelligent textiles [http:// www.tut.fi/intelligenttextiles](http://www.tut.fi/intelligenttextiles) ,
- [23] Archrecord (2010). For Smart Materials, Change Is Good, <http://www.archrecord.construction.com>,
- [24] Ualberta (2003). Smart Textiles: Smart Technology 04/Oct <http://www.ualberta.ca/ /smart textiles>
- [25] Singh, M K (2004). Pakistan Textile Journal, available online, <http://www.ptj.com.pk/Web%202004/08-2004/Smart%20Textiles.html>.
- [26] Stenton, P (2010). http://www.smarttextiles.co.uk/_wearcomp.htm.
- [27] Shin, Y, Yoo, D I, Son, K (2005). J Appl Polym Science, 2005, 96 (6), 2005-2010.
- [28] Bendkowska,W, Tysiak, J, Grabowski, L (2005). Int J Clothing Science and Technology, 17 (3-4), 209-214.
- [29] Park, S. Mackenzie, K. and Jayaraman, S. (2002), “*The wearable motherboard: Aframework for personalized mobile information processing (PMIP)*,” inProceedings of the 39th Annual Design Automation Conference (DAC02), Vol. 11.2, pp. 170–174.

- [30] Post, E. R. M. Orth, P. R. Russo, and N. Gershenfeld, (2000) "E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing," IBM Syst. J. 39,840–860.
- [31] Hamed, M. R. Forchheimer, and O. Inganäs. (2007) "*Towards woven logic from organic electronic fibers*," Nat. Mater. 6, 357–362
- [32] Cherenack, K. H. C. Zysset, T. Kinkeldei, N. Münzenrieder, and G. Tröster, (2010). "Woven electronic fibers with sensing and display functions for smart textiles," Adv. Mater. 22, 5178–5182.
- [33] Mattman, C. Kirstein, T. and Tröster, G. (2005). "A method to measure elongation of clothing," in *Proceedings of the 1st International Conference on Intelligent Ambience and Well-being* (Ambience05), pp. 3719–3732.
- [34] Hanson, M. A. Powell, H. C. Barth, A. T. Ringgenberg, K. Calhoun, B. H. Aylor, J. H. and Lach, J. (2009). "*Body area sensor networks: Challenges and opportunities*," Computer 42, 58–65 .
- [35] Zieba J. and Frydrysiak, M. (2006). "*Textronics – Electrical and electronic textiles. Sensors for breathing frequency measurement*," Fibres Textiles Eastern Europe 14, 43–48 .
- [36] Martin, T. Jones, M. Chong, J. Quirk, M. Baumann, K. and Passauer, L. (2009). "Design and implementation of an electronic textile jumpsuit," in *Proceedings of the 2009 International Symposium on Wearable Computers* (ISWC '09), pp. 157–168.
- [37] Cottet, D. J. Grzyb, T. Kirstein, and G. Tröster. (2003) "Electrical characterization of textile transmission lines," IEEE Trans. Adv. Packag. 26, 182–190.
- [38] Ruckman JE, Murray R, Choi HS (1999). Engineering of clothing systems for improved thermophysiological comfort: The effect of openings. *International Journal of Clothing Science and Technology* 11: 37-52.
- [39] Liu Z (2012) A survey of outdoor sportswear requirement for Chinese consumers. Adv Mat Res 479-481, 676-679.
- [40] Zhang Z, Li Y, Gong C, Wu H (2002) Casual wear product attributes: A Chinese consumers' perspective. *Journal of Fashion Marketing and Management* 6: 53-62.
- [41] PONTRELLI, F.J. (1977). *Partial analysis of comfort's gestalt. In Clothing Comfort: Interaction of Thermal, Ventilation, Construction, and Assessment Factors* (N. R. S. Hollies and R.F. Goldman, eds.) pp. 74, Ann Arbor Science Publishers , Ann Arbor, MI.

- [42] SONTAG, M.S. 1985. *Comfort dimensions of actual and ideal insulative clothing for older women*. Cloth. Text. Res. J. 4(1), 9-17. Copyright 1985, Wiley and Sons.
- [43] Değirmenci Z., Serdar S. G., (2022). Akıllı Yatak Uygulamaları İçin Horlama Tespit Sistemleri, 7. *Uluslararası Zeugma Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, TÜRKİYE, Gaziantep, Türkçe,
- [44] Tudu B K, Sinhamahapatra A, Kumar A (2020) *Surface Modification of Cotton Fabric Using TiO₂ Nanoparticles for Self-Cleaning, Oil–Water Separation, Antistain, Anti-Water Absorption, and Antibacterial Properties*. ACS omega 5: 7850-7860.
- [45] Karimi L, Yazdanshenas, ME, Khajavi R, Rashidi A, Mirjalili M (2015) *Functional finishing of cotton fabrics using graphene oxide nanosheets decorated with titanium dioxide nanoparticles*. J Text Inst 7: 1122–1134.
- [46] Nourbakhsh S, Ashjari A (2012) *Laser treatment of cotton fabric for durable antibacterial properties of silver nanoparticles*. Mater 5: 1247–1257
- [47] Pal S, Mondal A, Das A, Mondal D, Panda B, et al. (2021) *Multifunctional Textile Fabric and Their Application*. J Fashion Technol Textile Eng 9:6.
- [48] Sangeetha, T. Kumutha, D. Divya Bharathi, M. Surendran, R. (2022). Smart mattress integrated with pressure sensor and IoT functions for sleep apnea detection, Measurement: Sensors, 24.
- [49] Hsu, P. C., Song, A. Y., Catrysse, P. B., Liu, C., Peng, Y., Xie, J., and Cui, Y. (2016). *Radiative Human Body Cooling By Nanoporous Polyethylene Textile*. Science, 353(6303), 1019-1023
- [50] Hsu, P. C., Liu, C., Song, A. Y., Zhang, Z., Peng, Y., Xie, J., and Zhai, S. (2017). *A Dual-Mode Textile For Human Body Radiative Heating And Cooling*. Science Advances, 3(11), e1700895
- [51] Zhu, M., Shi, Q., He, T., Yi, Z., Ma, Y., Yang, B., and Lee, C. (2019). *Self-powered and self-functional cotton sock using piezoelectric and triboelectric hybrid mechanism for healthcare and sports monitoring*. ACSNANO, 13(2), 1940-1952
- [52] Lin, Z., Yang, J., Li, X., Wu, Y., Wei, W., Liu, J., and Yang, J. (2018). *Large-Scale and Washable Smart Textiles Based on Triboelectric Nanogenerator Arrays for Self-Powered Sleeping Monitoring*. Advanced Functional Materials, 28(1), 1704112

- [53] Liu, M., Cong, Z., Pu, X., Guo, W., Liu, T., Li, M., and Wang, Z. L. (2019). *High-Energy Asymmetric Supercapacitor Yarns for Self-Charging Power Textiles*. Advanced Functional Materials, 1806298
- [54] Zhang, X. A., Yu, S., Xu, B., Li, M., Peng, Z., Wang, Y., and Wang, Y. (2019). *Dynamic gating of infrared radiation in a textile*. Science, 363(6427), 619-623
- [55] Luczak, T. R. Burch, E. Lewis, H. Chander, J. Ball. (2020). *State-of-the-Art Review of Athletic Wearable Technology: What 113 Strength and Conditioning Coaches and Athletic Trainers from the USA Said about Technology in Sports*, Int. J. Sports Sci. Coach. 15 (1) 26–40
- [56] Khan, S. S. Parkinson, L. Grant, N. Liu, S. Mcguire. (2020) . *Biometric Systems Utilising Health Data from Wearable Devices: Applications and Future Challenges in Computer Security*, ACM Comput. Surv. 53 (4) 1–29
- [57] Zhou, J. Z. Cao, X. Dong, N. Xiong, A.V. Vasilakos. (2015). *4S: A Secure and Privacy- Preserving Key Management Scheme for Cloud-Assisted Wireless Body Area Network in m-Healthcare Social Networks*, Inform. Sci. 314 255–276
- [58] Ometov, A. (2018). *Social, Private, and Trusted Wearable Technology under Cloud- Aided Intermittent Wireless Connectivity (Ph.D. thesis)*, Tampere University of Technology.
- [59] Mahmud, M.S. H. Fang, H. Wang. (2018) . *An Integrated Wearable Sensor for Unob- trusive Continuous Measurement of Autonomic Nervous System*, IEEE Internet Things J. 6 (1) 1104–1113
- [60] Xu, M. F. Qian, M. Zhu, F. Huang, S. Pushp, X. Liu. (2019). *Deepwear: Adaptive Local Offloading for on-Wearable Deep Learning*, IEEE Trans. Mob. Comput. 19 (2) 314–330
- [61] Golkarifard, M. J. Yang, Z. Huang, A. Movaghar, P. Hui. (2018). *Dandelion: A Unified Code Offloading System for Wearable Computing*, IEEE Trans. Mob. Comput. 18 (3) 546–559.

- [62] Is Lithium-Ion the Ideal Battery?, 2021, [Online] Available: https://batteryuniversity.com/learn/archive/is_lithium_ion_the_ideal_battery (Accessed March 3, 2021)
- [63] Lithium coin cells, 2021, [Online] Available: <https://www.microbattery.com/coin-cells> (Accessed March 3, 2021).
- [64] Lithium-ion vs lithium-polymer: what's the difference?, 2021, [Online] Available: <https://www.androidauthority.com/lithium-ion-vs-lithium-polymer-whats-the-difference-27608/> (Accessed March 3, 2021)
- [65] SANFOR GmbH (2010) What is Sanfor?
- [66] Gaston AC (1944) *A comparison of shrinkage due to laundering of cotton, linen and rayon fabrics pressed under controlled tensions*,” Master of Science, Department of Clothing and Textile, Kansas state college of agriculture and applied science, Topeka, Kansas, USA.
- [67] Anış P ve Davulcu A (2004) Pike örgü mamullerin boyutsal stabiliteleri üzerine kurutma ve sanfor makineleri prametrelerinin etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1-2), 147 - 162.
- [68] Demirhan, F , Meriç, B . (2005). Örme Kumaş Ve Giysilerde Yıkama Ve Kurutma Sonrası Boyut Değişimlerinin İncelenmesi . *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* , 11 (3) , 381-390 .
- [69] Topalbekiroğlu, M., & Kaynak, H.K. (2008). The effect of weave type on dimensional stability of woven fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 20(5), 281–288.
- [70] Erdem İşmal, Ö. (2008). *The Effect Of Causticizing, Washing And Drying Processes On Shrinkage And Crease Resistance Properties Of Viscose Fabric*. *Textile and Apparel* , 18 (3) , 221-228 .
- [71] Karagöz, G. (2009). *Denim yıkama işlemlerinde ortaya çıkan zararlar nedenleri ve çözüm olanakları*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- [72] Kadem, F , Oğulata, R. (2014). İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşların Boyutsal Değişimi Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 29 (2) , 141-148.

- [73] Yılmaz Akyürek, B. (2016). Şardonlamanın Bi-Elastik Dokuma Kumaşlarda Boyutsal Stabilite Üzerine Etkisinin Deneysel İncelenmesi . *Engineering Sciences* , 11 (2) , 63-72 .
- [74] İslam, M. (2018). *Study on the effects of sanforizing machine on the properties of woven fabric*. Daffodil International University, Bangladesh.
- [75] Khan, Md.E., Rahman, M., Ahmed, M., Shuvo, K.J.S. and Ahmed, MD.R. (2020). *Optimization of Residual Shrinkage Control of 100% Cotton Woven Fabric Through Sanforization*. 6(5). JTSFT.MS.ID.000648.
- [76] Shelton SV. (1986). Solid adsorbent heat pump system. U.S. patent 4610148.
- [77] Delmastro, F. V. Arnaboldi, M. Conti, People-Centric Computing and Communications in Smart Cities, *IEEE Commun. Mag.* 54 (7) (2016) 122–128
- [78] Mosenia, A. S. Sur-Kolay, A. Raghunathan, N.K. Jha, Wearable Medical Sensor- based System Design: A Survey, *IEEE Trans. Multi-Scale Comput. Syst.* 3 (2) (2017) 124–138
- [79] Cao, H. M. Brown, L. Chen, R. Smith, M. Wachowicz. (2019). Lessons Learned from Integrating Batch and Stream Processing Using IoT Data, in: *Proc. of 6th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, pp. 32–34
- [80] Terzi, M. A. Cenedese, G. Susto. (2017). A Multivariate Symbolic Approach to Activity Recognition for Wearable Applications, *IFAC-PapersOnLine* 50 (1) (2017) 15865–15870
- [81] Wen, Q. L. Sun, X. Song, J. Gao, X. Wang, H. Xu. (2002). *Time Series Data Augmentation for Deep Learning: A Survey*, *arXiv preprint arXiv*, 2002-12478.
- [82] Dang, L.M. K. Min, H. Wang, M.J. Piran, C.H. Lee, H. Moon. (2020). *Sensor-Based and Vision-Based Human Activity Recognition: A Comprehensive Survey*, *Pattern Recognit.* 108 107561.
- [83] Guo, J. L. Yang, R. Bie, J. Yu, Y. Gao, Y. Shen, A. Kos. (2019). An XGBoost-Based Physical Fitness Evaluation Model Using Advanced Feature Selection and Bayesian Hyper-Parameter Optimization for Wearable Running Monitoring, *Comput. Netw.* 151 166–180
- [84] Aljarrah, A.A. A.H. Ali, Human Activity Recognition using PCA and BiLSTM Recurrent Neural Networks, in: *Proc. of 2nd International Conference on Engineering Technology and Its Applications (IICETA)*, IEEE, 2019, pp. 156–160

- [85] Eren, L. T. Ince, S. Kiranyaz. (2019) . A Generic Intelligent Bearing Fault Diagnosis System Using Compact Adaptive 1D CNN Classifier, *J. Signal Process. Syst.* 91 (2) 179–189.
- [86] Samie, F. L. Bauer, J. Henkel, IoT Technologies for Embedded Computing: A Survey, in: *Proc. of International Conference on Hardware/Software Codesign and System Synthesis (CODES+ ISSS)*, IEEE, 2016, pp. 1–10
- [87] Seneviratne, S.; Hu, Y.; Nguyen, T.; Lan, G.; Khalifa, S.; Thilakarathna, K.; Hassan, M.; Seneviratne, A. A Survey of Wearable Devices and Challenges. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2017, 19, 2573–2620.
- [88] Ferreira, J.J.; Fernandes, C.I.; Rammal, H.G.; Veiga. (2021). P.M. Wearable Technology and Consumer Interaction: A Systematic Review and Research Agenda. *Comput. Hum. Behav.* 118, 106710
- [89] Kim, J.-H. (2007) . *A Study on the Characteristics of Modern Fashion Design for Digital Nomadic Culture*, *Fash. Text. Res. J.* 9 (1) 6–14.
- [90] Evers, C. (2015). Researching Action Sport with a GoPro Camera: An Embodied and Emotional Mobile Video Tale of the Sea, Masculinity and Men-Who-Surf, in: *Researching Embodied Sport*, *Routledge*, pp. 145–162.
- [91] Inc. Media Genesis, Watch Out: A Timely History of the Smartwatch, 2019, [On- line] <https://mediag.com/blog/watch-out-a-timely-history-of-the-smartwatch/> (Accessed March 3, 2021)
- [92] Graham, F. Samsung S9110 Watch Phone Lets Our Wrists Do the Talking, 2009, [Online] <https://www.cnet.com/news/samsung-s9110-watch-phone-lets-our-wrists-do-the-talking/> (Accessed March 3, 2021)
- [93] Steele, C. A Look Back At Pebble’S Rise and Fall, 2016, [Online] <https://web.archive.org/web/20170718150503/https://www.pcmag.com/article/350161/a-look-back-at-pebbles-rise-and-fall> (Accessed March 3, 2021)
- [94] Betters, E. Google Glass: A Brief History, 2015, [Online] <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/news/google/132399-google-glass-a-brief-history> (Accessed March 3, 2021)
- [95] 6 Pack Fitness, Best Fitness Trackers: Top 5 Fitness Bands of 2014, 2014, [Online] <https://www.sixpackbags.com/blogs/news/fitness-bands> (Accessed March 3, 2021)

- [96] Nguyen, M. The Most Successful Wearables for Consumers, 2016, [Online] <https://www.wearable-technologies.com/2016/01/the-most-successful-wearables-for-consumers/> (Accessed March 3, 2021)
- [97] D’Orazio, D. Google Reveals Android Wear, an Operating System for Smartwatches, 2014, [Online] <https://www.theverge.com/2014/3/18/5522226/google-reveals-android-wear-an-operating-system-designed-for> (Accessed March 3, 2021)
- [98] Bjarin, T. The Real Reason Apple Made the Apple Watch, TIME, 2016, [Online] <https://time.com/4323318/apple-watch-steve-jobs-health/> (Accessed March 3, 2021)
- [99] Roy AK, Choudhury. (2011). Improving comfort in clothing. *Woodhead Publishing*, Cambridge, UK
- [100] Das A, Alagirusamy R. (2010). Science in Clothing comfort, *Woodhead Publishing India Pvt. Ltd.*, New Delhi, India.
- [101] Fendt B (2017) Outlast Europe GmbH. Productpilot.
- [102] Schoeller Technologies. (2017). *Functional, protective, knitted and technical textiles*.
- [103] Gepperth J (2012) Smart things: wearables & clothing. CiteSeerX. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.394.9122&rep=rep1&type=pdf#page=47>. Accessed 11 Feb 2020
- [104] Quinn B (2002) Techno fashion. *Berg Publishers*, New York
- [105] Costanza E, Inverso SA, Allen R, Maes P (2007) Intimate interfaces in action: assessing the usability and subtlety of EMG-based motionless gestures. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*, San Jose, CA: ACM, pp. 819–828. San Jose, California, USA
- [106] Fukazawa T, Lee G, Matsuoka T, Kano K, Tochihara Y (2004) *Heat and water vapour transfer of protective clothing systems in a cold environment, measured with a newly developed sweating thermal manikin*. Eur J Appl Physiol 6: 645–648.
- [107] Li Y, Peng X, Zhou G, Zhao H (2020) SmartJump: a continuous jump detection framework on smartphones. *IEEE Internet Comput* 24(2):18–26
- [108] Núñez MWQ, Messias IA, Bartholomei CL (2016) *Ergonomics in clothing: importance of thermal comfort in a typical Brazilian refrigerator of beef*

- industry*. Advances in Ergonomics Modeling, Usability & Special Populations 486: 291-297.
- [109] Gavhed CED, Holmer I (1996) Physiological and subjective responses to thermal transients of exercising subjects dressed in cold-protective clothing. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 73: 573-581.
- [110] Ueda H, Inoue Y, Araki T, Matsudaira M (1996) Clothing microclimate temperatures during thermal comfort in boys, young and older men. *International Journal of Biometeorology* 39: 127-132.
- [111] Lu Y, Wang F (2015) Clothing resultant thermal insulation determined on a movable thermal manikin. Part I: effects of wind and body movement on total insulation. *Int J Biometeorol* 10: 1475-1486.
- [112] Lee YH, Tokura H (1993) Seasonal adaptation of thermal and metabolic responses in men wearing different clothing at 10°C. *Int J Biometeorol* 1: 36-41.
- [113] Lizák P, Mojumdar SC (2015) Influence of the material structure on the thermal conductivity of the clothing textiles. *J Therm Anal Calorim* 119: 865-869.
- [114] Huang J (2008) *Calculation of thermal insulation of clothing from mannequin test*. *Measurement Techniques* 4: 428-435.
- [115] Mao A, Luo J, Li Y, Wang R, Li G, Guo Y (2011) *Engineering design of thermal quality clothing on a simulation-based and lifestyle-oriented CAD system*. *Eng Comput* 27: 405-421.
- [116] Byrne C (2000) In *Handbook of Technical Textiles*. Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, England.
- [117] Holme I (2007) *Innovative technologies for high performance textiles*. *Coloration Technology* 123: 59-73.
- [118] Xu B, Chen J (2017) *Research on the Improvement on the Performance of Thermal Underwear Based on the Demands of Chinese Consumers*. *J Fashion Technol Textile Eng* 5:4.
- [119] Sportstechie (2014) Kolon sport life tech extreme environment smart jacket system designed by Seymourpowell. Sports Techie. <https://sportstechie.net/kolon-sport-life-tech-extreme-environment-smart-jacket-system-designed-by-seymourpowell/>. Accessed 11 Feb 2020

- [120] Dellinger AJ (2020) Self-drying jacket means you'll never fear rainy days again. Daily Dot. <https://www.dailydot.com/debug/self-drying-rain-jacket/>. Accessed 1 Feb 2020
- [121] Becker K, Oswald E (2020) Conquer the cold with the best heated clothing and outdoor apparel for 2020. Digital Trends. <https://www.digitaltrends.com/outdoors/best-heated-clothing/>. Accessed 21 Dec 2020
- [122] Park JA, Han HJ, Heo JC, Lee JH (2017) Computer aided diagnosis sensor integrated outdoor shirts for real time heart disease monitoring. *Computer Assisted Surgery* 22(sup1):176–185
- [123] Li Y, Xue F, Fan X, Qu Z, Zhou G (2018) Pedestrian walking safety system based on smartphone built-in sensors. *IEEE T Commun* 12(6):751–758
- [124] Li Y, Zhang X, Yang B, Zhang S (2016) *Thermal safety assessment test of permeable chemical protective clothing*. Man-Machine-Environment System Engineering 406: 295-302.
- [125] Watson A, Lyubovsky A, Koltermann K, Zhou G (2021) Magneto: joint angle analysis using an electromagnet-based sensing method. In: Proceedings of the 20th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (co-located with CPS-IoT Week 2021), Nashville: Association for Computing Machinery, pp. 1–14. Nashville, Tennessee, USA
- [126] Kremens R.L., Faulring J., Philips D.A., (2005), Compact device to monitor and report firefighter health, location and status, published in *Eighth International Wildland Fire Safety Summit*, Missoula, MT, pp. 1-8
- [127] Viking Company, Intelligent clothing, <http://www.viking-life.com/viking.nsf/public/newspress-built-inintelligenceoptionforallvikingfiresuits.html>, Accessed 2015
- [128] Gahide S., Slocum M.S., Clapp T.G., Smart garment for firefighters, <https://triz-journal.com/smart-garment-firefighters/>, Accessed 23 April 2017
- [129] Hertleer C., Van Langenhove L., Rogier H., Vallozzi L., (2007), A textile antenna for firefighter garments, in: *Proceedings of Autex, From Emerging Innovations to Global Business, 7th Annual Textile Conference by Autex*, Tampere Finland
- [130] Oliveira A., Gehin C., Delhomme G., Dittmar A., McAdams E., (2009), Thermal parameters measurement on firefighter during intense fire exposition,

- in: Proceedings of the 31st annual international conference of the IEEE EMBS, USA, pp 4128-4131*
- [131] Cleeren S., Rossu G., Smart@fire groundbreaking European Project (2012-2017) <http://www.smartatfire.eu/media/28439/smart-fire-en.pdf>, Accessed 30 October 2018
 - [132] Dursun, M. , Bulgun, E. , Şenol, Y. & Akkan, T. (2019). A Smart Jacket Design for Firefighters . *Tekstil ve Mühendis* , 26 (113) , 63-70 .
 - [133] Shelton SV, Wepfer JW, Miles DJ. (1990). Ramp wave analysis of the solid/vapor heat pump. *ASME J Sol Energy Eng*;112:69e78.
 - [134] Shelton SV, Wepfer WJ, Miles DJ. (1989). Square wave analysis of the solid-vapor adsorption heat pump. *Heat Recov Syst CHP*;9:233e47.
 - [135] Qaim, W.B. A. Ometov, A. Molinaro, I. Lener, C. Campolo, E.S. Lohan, J. Nurmi, (2020). *Towards Energy Efficiency in the Internet of Wearable Things: A Systematic Review, IEEE Access*
 - [136] Carroll, R. R. Cnossen, M. Schnell, D. Simons, Continua: An Interoperable Personal Healthcare Ecosystem, *IEEE Pervas. Comput.* 6 (4) (2007) 90–94
 - [137] Magno, M. L. Benini, C. Spagnol, E. Popovici. (2013) Wearable Low Power Dry Surface Wireless Sensor Node for Healthcare Monitoring Application, in: *Proc. of IEEE 9th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, IEEE, 2013, pp. 189–195
 - [138] Domingo, M.C. (2012). *An Overview of the Internet of Things for People with Disabilities*, *J. Netw. Comput. Appl.* 35 (2) 584–596
 - [139] Djapic, R. G. Vivier, B. Zhen, J. Wang, J. Lee, W. Haiming. (2018). Wearables White Paper, *White paper, TNO etc.*

ÖZGEÇMİŞ

Gaziantep'in Oğuzeli ilçesinde dünyaya geldim. İlk ve orta öğrenimimi Gaziantep'te tamamladıktan sonra, Cumhuriyet Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldum. Mezuniyet sonrası askerlik görevimi ve Avrupa Birliği Projeleri'nden, Leonardo Da Vinci programı Kapsamında Almanya'nın Hannover şehrinde 3 aylık mühendislik ve dil eğitiminin ardından , Gaziantep'e dönerek organize sanayi içerisinde meslek hayatıma başladım.

12 yıllık mesleki hayatıma ilk 5 yıl Teknik İşler Şefliği sonrasında da Üretim Yöneticiliği görevlerini yerine getirerek devam ettim.

Üretim yöneticiliği sürecimde , yeni ürün geliştirme noktasında kendi vizyonum ölçüsünde projeler oluştururken, bu adımları akademik olarak da desteklersem hem daha doğru, hem de daha hızlı gidiş yollarına ve bu yollarda karşılaşacağım problemleri en kolay çözüm tekniklerine ulaşabileceğimin bilincine vararak, Ürün Geliştirme ve Tasarım Mühendisliği dalında yüksek lisans yapmaya karar verip, programa başladım.

Bu çalışma ve eğitim sürecimin ardından, kendi macerama yön vermek için , firmadan kendi isteğimle ayrılarak kardeşimle birlikte kurduğumuz kendi şirketimizde dış ticaret, danışmanlık ve sourcing gibi hizmetleri sunmaya , aldığım eğitim ve sahip olduğum bilgi birikimini kendi arzu ve hedeflerim doğrultusunda yönlendirmeye devam etmekteyim.