



## BİR TEKSTİL İŞLETMESİNDE PROSES KONTROL PERSONELLERİNİN HATA TESPİT DAVRANIŞLARININ BİLİŞSEL VE FİZİKSEL İŞ YÜKÜ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Songül KUL<sup>1</sup>, Hilal ATICI ULUSU<sup>2\*</sup>, Tülin GÜNDÜZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korteks Mensucat Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa

ORCID No : <http://orcid.org/0009-0004-2003-5603>

<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,  
Balıkesir

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0001-8347-0806>

<sup>3</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği  
Bölümü, Bursa

ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-7134-3997>

### Anahtar Kelimeler Öz

*Bilişsel İş Yükü,  
NASA-TLX,  
Fiziksel İş Yükü,  
Tekstil Sektörü,  
Proses Kontrol.*

*Üretim işletmelerinin temel amacı yüksek verimlilikle, kaliteli ürünler ortaya koymaktır. Bu çalışmada, polyester iplik üretim tesisinde kaliteli üretimin yüksek randımanla gerçekleşmesi için yapılan proses kontrol personelleri ergonomik açıdan incelenmiştir. Proses esnasında meydana gelen kalite düşürücü hammadde hataları ve mekanik ya da elektronik arızaların hızlı bir şekilde çözülmesi için doğru tespitlerin yapılması gerekmektedir. Bu tespitlerde sensörlerin okuduğu gerginlik farkı grafiklerinden yararlanılmaktadır. Proses kontrol personelleri tarafından grafiklerin yorumlanması ile yapılan tespitler hata bildirimleri olarak yazılmış ve elektronik ortamdan alınıp doğruluk oranları hesaplanmıştır. Bu çalışmada, farklı personellerden elde edilen doğruluk oranlarını düşüren etmenler ile çalışanların fiziksel, fizyolojik ve algıladıkları bilişsel iş yükleri ile ilişkisi incelenmiştir.*

\*Sorumlu yazar; e-posta : [aticihilal@gmail.com](mailto:aticihilal@gmail.com), [hilal.ulusu@balikesir.edu.tr](mailto:hilal.ulusu@balikesir.edu.tr)

doi : <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.1311373>

*Akıllı bileklik ölçümleri, REBA ve NASA-TLX yöntemleri kullanılmıştır. Bilişsel ve fiziksel iş yükü ilişkisinin Mann-Whitney ve Kruskal-Wallis testleri ile ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Yapılan ergonomi analizleri sonucunda, çalışanların orta ve yüksek seviyede fiziksel riske maruz kaldığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışanların hata tespitindeki doğruluk oranlarının ortalama nabız, algılanan zihinsel iş yükü ve kaygı seviyeleri ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.*

## **EVALUATION OF FAULT DETECTION BEHAVIORS OF PROCESS CONTROL OPERATOR WITH COGNITIVE AND PHYSICAL WORKLOAD IN A TEXTILE COMPANY**

<b>Keywords</b>	<b>Abstract</b>
<i>Cognitive Workload, NASA-TLX, Physical Workload, Textile Industry, Process Control</i>	<i>The main purpose of manufacturing plants is to produce high quality products with high efficiency. In this study, the employees in the process control tasks out for the realization of quality production with high efficiency in a polyester yarn production facility were ergonomically examined. Accurate determinations must be made in order to quickly resolve raw material, mechanical or electronic errors that reduce the quality during the process. In these determinations, the tension difference graphs read by the sensors are used. The determinations made by the process control personnel with the interpretation of the graphics were written as error notifications and the accuracy rates were calculated by taking them from the electronic environment. In this study, the relationship between the factors that reduce the accuracy rates obtained from different employees and the physiological loads and perceived cognitive workloads of the employees were examined. Smart wristband measurements, REBA and NASA-TLX methods were used. It is aimed to reveal the relationship between physical and cognitive load levels by Mann-Whitney and Kruskal-Wallis tests. As a result of the ergonomics analysis, it was determined that the employees are exposed to medium and high levels of physical risk. In addition, it was determined that the accuracy rates of the employees' error detection are related to the average heart rate, perceived mental workload and anxiety levels.</i>
Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 10.08.2023	Submission Date : 10.08.2023
Kabul Tarihi : 16.10.2023	Accepted Date : 16.10.2023

## 1. Giriş

Proses kontrolü, süreç anında meydana gelmiş ve gelebilecek hataları en hızlı şekilde tespit etmeyi hedeflerken, kalite kontrol, tamamlanmış üretimin müşteriye sevk öncesi gerekli hata ayıklamalarının yapılmasıdır. Proses kontrol çalışmalarının yapılmaması, hataların son kalite kontrol seviyesine geldikten sonra tespit edilmesi fire oranını arttırmakta ve kalite kaybına sebep olmaktadır. Proses kontrol çalışmaları "istatistiksel proses kontrol yöntemleri" ile takip edilebileceği gibi, bu yöntemlerin kapsamına alınamayacak kontrol noktalarının takibinde ise insan faktörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Kontrol işlemlerinde kişiye bağlı olan metotlarda stres, iş yükü, iş-özel hayat dengesi, yorgunluk gibi birçok faktör çalışanın hata yapma ihtimalini arttırmaktadır. Performansı değerlendirmede iş çıktıları nicelik olarak bir sonuç vermektedir. Ancak her iş tipi bu verileri sağlamayabilir. Ya da iş çıktıları en son aşamada kalite kaybı ya da müşteri şikayetleri olarak karşımıza çıkar. Bu sebeple çalışanların performanslarının optimum düzeyde tutulması için kişiler arası farklılıkların iyi tespit edilmesi ve görev tanımına uygun personellerin yetiştirilmesi önemlidir.

Kalite; bir ürünün veya hizmetin kalitesi, müşteri gereksinimlerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan, pazarlama, mühendislik, üretim ve kalitenin sürekliliği kavramlarını içermektedir (Akın, 1996). Ancak ürünün kaliteli olması, iyi ayıklanmış kalite kontrol süreçlerinden geçmesi ile mümkün olabilir. Bu da, işletmeye yüksek kalite maliyeti getirebilir. Bu sebeple kalite, ürünün sürekli kaliteli çıkması ve prosesin sorunsuz işlemesi için tüm boyutları ile ele alınmalıdır. İyi yetiştirilmiş bir proses kontrol operatörü kalitenin gizli kahramanı olabilir.

İstatistiksel proses kontrol araçları süreç yönetimi için izlenebilir veriler ortaya koymaktadır. İstatistiksel proses kontrolde kontrol şemaları, Pareto analizleri, serpilme diyagramları, histogramlar gibi araçlar kullanılmaktadır. Dijital dönüşüm çağının, proseslerin izlenebilirliği konusunda çığır açacağı aşikardır. Ancak bunun gerçekleşmesi için makinelerin tüm parametrelerini ölçebilecek sensörler ve akıllı etiket RFID teknolojileri ile donatılması gerekebilir. Tüm bu maliyetlere karşılık getirisinin düşük olduğu noktalarda ise insan kontrolü devam etmek durumunda kalacaktır. Çalışmanın yapıldığı işletmede sensör yatırımları yıllar öncesinden yapılmış ve karşılığını bulmuştur. Yazılım teknolojileri sayesinde işletme içi izlenebilirliğin yüksek olması, kalitedeki yükselme ya da düşme eğilimlerinin anlık olarak takip edilebilmesini sağlamaktadır. Ancak düşen kalitenin arkasında tespit etmesi kolay olmayan noktalar bulunabilmektedir.

Operatörler, tüm tezgahlarda üretimin kontrolünü fiziksel iş gücü ile sağlarken bir yandan da bilişsel olarak çaba sarf etmektedir. Ergonomi bilimi, fiziksel iş yükü ile ilgilendiği gibi bilişsel iş yükü ile de ilgilenmektedir. Bilişsel iş yükü subjektif bir alan olması ve sayısal olarak ortaya konmasının zor olması sebebi ile bu konu hakkında çalışmalar ve gelişmeler devam etmektedir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

İş hayatında meydana gelen sürekli değişikliklerle, işin sadece görünen belirli bir kısmının analizi değil aynı zamanda bilişsel yönleri de dikkate alınarak yapılan çalışmalar hızla önem kazanmaktadır (Niebel, 2009).

Bilişsel iş yükü ofis çalışanı olan beyaz yaka için ön plana çıkıyor olsa da mavi yaka personellerde özellikle kalite departmanında çalışan operatörlerde de ele alınmaktadır. Hata kavramının göreceli olduğu durumlarda kritik kararlar almak durumunda kalan operatörler kendilerini stres altında hissetmekte ve yanlış karar verebilmektedirler. Tam tersi doğru karar verebiliyor olmaları da bilinç düzeyinde göz ardı ettikleri bir stres yaratmaktadır. Her ne kadar başarılı bir kalite operatörü diye düşünülse de mental iş yükleri tahmin edildiğinden yüksek olabilir. Çalışan operatörün işin gereğini yerine getirmek için gerekli bilgiyi edinimi, bilgiyi sentezleme aşamalarında çevre ve ekipman ile sürekli diyalog halindedir. Zihinsel çabanın, fiziksel iş yükü kadar yüksek olduğu bir iş metodunda bilişsel ergonomi koşulları da irdelenmelidir.

Psikoloji literatüründe yer alan birçok tanım, bilişsel iş yükü kavramının nedenler, sonuçlar ve teşhisler ile ilgili olarak karmaşık bir yapıya sahip olduğunu kanıtlamaktadır (Karadağ ve Cankul, 2015).

Fizyolojik ölçümlerin başında kardiyolojik, solunum, göz aktiviteleri gelmektedir. Kardiyolojik aktivitelerde en kolay ve güvenilir ölçüm kalp atış hızıdır. İş yükündeki artış, kalp atış hızını tetiklediği bilinmektedir.

Çalışanın iş yükünün sadece fiziksel kapasitesi ile değerlendirilmesi doğru olmayacaktır. Gelişen dünyada insan makine arası iletişimin artmasıyla yapılan işi değerlendirmede algıya dayalı kontrol metotları artmıştır. Operatörün dikkati, hafızası, algı kapasitesi gibi zihinsel faktörler de iş yükü olarak değerlendirilmelidir. Operatörlerde fiziksel iş yükünün azalması zihinsel iş yükünü artırabilir ve bu fiziksel iş yükü gibi metrik ölçümlerle ispatlanamayabilir.

Çalışanların algıladıkları iş yükü fiziksel olarak eşdeğer olabilir ancak bilişsel iş yükü çalışanlar arasında farklılık gösterebilir. Eşit iş yüküne karşı çalışanların algıladıkları bilişsel iş yükü tamamen farklı olabilmektedir. Algılanan iş yüküne karşı gösterilen tepki yani yerine getirilen görevin çıktıları kişiler arasında farklılık gösterir.

Bilişsel yükü sübjektif bir değer olması sebebiyle matematiksel olarak ölçümlenmek kolay değildir. Bu sebeple NASA-TLX, SWAT, Bedford Ölçütü, Cooper-Harper Puanlama Ölçeği gibi yöntemler geliştirilmiştir.

Bilişsel iş yükünü değerlendirmede, şu kriterlerin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir (Moustafa, Luz ve Longo, 2017):

1. Duyarlılık: Görev gerçekleşirken, bilişsel yükünü etkileyecek ve zorlaştıracak faktörler değerlendirilmeli ve değişikliklere duyarlı olmalıdır.
2. Tanımlama: Kullanılan yöntem görev varyasyonundaki değişiklikler ve nedenleri ile birlikte tanımlanabilir olmalıdır.
3. Zorlayıcılık: Kullanılan yöntem mevcut iş gerekliliklerini zorlayıcı ya da engelleyici olmamalıdır.
4. Gereklilikler: Birincil görev yerine getirirken kullanılacak ekipmanlar minimum olmalıdır. Çalışan performansını etkilememelidir.
5. Kabul Edilebilirlik: Kullanılan yöntemin çalışanlar tarafından kabul görmelidir.
6. Seçicilik: Ölçülen bilişsel iş yükü faktörlerine karşı duyarlı olmalıdır ve diğer faktörlerden etkilenmemelidir.
7. Güvenilirlik: Bilişsel ölçüm esnasında değişiklikleri tespit edebilmeli ve güvenilir olmalıdır.
8. Geçerlilik: Kullanılan metodun ölçüm geçerliliğinin olması gerekir.

Çalışanlar üzerinde yapılacak bir ölçüm tekniğinin ilgili çalışanın performansına olumlu ya da olumsuz bir etkisi olmamalıdır. Gerçek sonuçlar elde edilmesi için uygulamanın çalışandan habersiz yapılması fayda sağlasa da çalışan tarafından bu durumun hoş karşılanmadığı belirtilmiştir (Rubio-Valdehita, López-Núñez, López-Higes ve Díaz-Ramiro, 2017). Bu sebeple ilgili yöntemin gereklilikleri ile ilgili çalışan bilgilendirilir. Alınacak ölçümler işin yapılış anını temsil edecek bir zaman aralığında gerçekleşmelidir. İşin öncesinde bir öngörü ile değil, iş anında ya da iş bitiminin akabinde değerlendirme yapılması doğru olacaktır. İş esnasında yapılan ölçüm birincil görevin aksamasına sebep olabilir.

NASA-TLX metodu birçok sektörde farklı görev tanımlarına sahip işler için uygulanmaktadır. Metal sektöründe çalışan işçilerin farklı vardiyalarda algıladıkları iş yükü NASA-TLX metodu ile analiz edilmiş ve sabah, akşam ve gece vardiyaları arasında zihinsel yükün fazla algılandığı vardiya, gece vardiyası sonucu çıkmıştır. Gece vardiyalarında optimum iş yeri ve iş yükü koşulları oluşturulması için gerekli tavsiyeler belirtilmiştir (Türker, Türker ve Bayraktar, 2016). Pilotlar üzerinde de NASA-TLX metodu ile araştırmalar yapılmıştır. Bir araştırmada farklı deneyim sürelerine ve farklı yaş gruplarına ait üç ayrı grupta örneklemeler alınmıştır. Araştırmanın sonucunda genç yaş grubunda zihinsel iş yükünün daha fazla olduğu, bunun da tecrübeye bağlı olduğu belirtilmiştir (Gülkaç, 2014).

Kontrol operatörleri üzerinde NASA-TLX metodu ile bir araştırma, yağ üretim tesisinde yapılmıştır. Bu çalışmada kontrol odasındaki 9 farklı iş tanımının farklı personeller arasındaki bilişsel iş yükleri ölçülmüştür. İstatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmeyen bu çalışmanın sonucunda NASA-TLX değerlendirmeleri

incelendiğinde dokuz farklı iş tanımının da algılanan iş yükü seviyesi yüksek ve çok yüksek olarak çıkmıştır (Sugarindra, Suryoputro ve Permana, 2017).

Hemşireler üzerinde yapılan bir NASA-TLX çalışmasında yoğun bakım hemşireleri ile acil servis hemşireleri arasındaki bilişsel iş yükü farklılıkları ölçülmüştür. İş tecrübelerine göre dört ayrı grupta toplanan hemşireler arasında en az tecrübeli yoğun bakım hemşirelerinin zihinsel iş yükü ve kaygı ölçüm sonuçları tüm gruplara göre en düşük seviyededir. Ancak fiziksel iş yükü, geçici zorluk, performans ve çabaları ise en yüksek iş yükü sonuçlarını göstermektedir. Bu durum üst amirleri tarafından ekstra görevlerle iş yüklerinin artırılması ile ilişkilendirilmiştir. Acil servis bölümündeki en tecrübesiz hemşirelerin ise en yüksek puanlı değerlendirmesi çaba alt faktörü için olmuş ve ilk yardıma ihtiyacı olan kritik hastalar için ekstra çaba sarf etmeleri gerektiği şeklinde yorumlanmıştır (Nur, Iskandar ve Ade, 2020).

### 3. Materyal ve Yöntem







#### 3.1. NASA-TLX ile Bilişsel İş Yükü Ölçümü

Algılanan iş yükünü ölçmek için geliştirilmiş NASA-TLX metodunun açılımı National Aeronautics and Space Administration – Task Load Index'tir (Hart ve Staveland, 1988). Bilişsel yük ölçümü için yaygın olarak kullanılmakta olan NASA-TLX metodu, havacılık sektörü ile başlayarak birçok farklı sektör ve çalışmada kullanılmıştır (Hart, 2006). Sağlık çalışanlarının iş yükünün incelendiği bir çalışmada, NASA-TLX'in iş yükünü ölçme konusunda diğer yöntemlere göre daha güvenilir ve geçerli olduğu belirtilmiştir (Hoonakker, Carayon, Gurses, McGuire, Khunlertkit ve Walker, 2011).

NASA-TLX metodunda altı faktör bulunmaktadır. Bunlar; zihinsel zorluk, fiziksel zorluk, geçici zorluk, performans, çaba, kaygı/boşa çabadır (Şekil 1):

1. Zihinsel Zorluk: Düşünme, karar verme, hesaplama, hatırlatma, bakma, arama gibi zihinsel ve algılama aktivitelerine ne kadar ihtiyaç duyuluyor? Görev hatasız ve kesin mi yapılmalı yoksa hata kabul edilebilir mi? Görev kolay mı zor mu? Görev basit mi karışık mı? Düşük/Yüksek ölçeğinde değerlendirilir.
2. Fiziksel Zorluk: İttirme, çekme, çevirme, kontrol etme, çalıştırma gibi fiziksel aktivitelere ne kadar ihtiyaç duyuluyor? Görev rahat mı yorucu mu, yavaş mı hızlı mı, gelişigüzel yapılabilir mi, özel bir özen istiyor mu? Düşük/Yüksek ölçeğinde değerlendirilir.
3. Geçici Zorluk (Zamansal Talep): Belirli bir görevin bir aşamasını yerine getirirken ne kadar zaman baskısı veya kısıtı hissediliyor? Görevi yerine getirmek için hareketlerin yavaş mı hızlı mı olması gerekiyor? Düşük/Yüksek ölçeğinde değerlendirilir.

4. Performans: Verilen görevin hedeflerine ulaşmada size göre veya denetçilere göre ne derece başarılı olduğunuzu düşünüyorsunuz? Görevi yerine getirirken ne derece tatmin oluyorsunuz? İyi/Kötü (Yetersiz) ölçeğinde değerlendirilir.
5. Çaba: Görevinizi yerine getirmek için zihinsel ve fiziksel olarak ne kadarlık ağır çalışma gereklidir? Düşük/Yüksek ölçeğinde değerlendirilir.
6. Kaygı/Boşa Çaba: Görev esnasında kendinizi ne kadar güvensiz, yılgın, tedirgin, stres altında veya gergin hissettiniz? Düşük/Yüksek ölçeğinde değerlendirilir.

Zihinsel Zorluk:	Görev zihinsel olarak ne kadar zorlayıcıydı?	
		
Fiziksel Zorluk:	Görev fiziksel olarak ne kadar zorlayıcıydı?	
		
Geçici Zorluk:	Görevin hızı ne kadar aceleye veya telaşa sebep oluyordu?	
		
Performans:	Yapmanız istenen işi tamamlamada ne kadar başarılıydınız?	
		
Çaba:	Belirttiğiniz performans düzeyini gerçekleştirmek için ne kadar sıkı çalıştınız? Ne kadar çaba harcadınız?	
		
Kaygı / Boşa Çaba:	Görev esnasında ne kadar güvensiz, yılgın, tedirgin, stresli veya sinirlenmiş hissettiniz?	
		
Çok Düşük	Orta	Çok Yüksek

Şekil 1. NASA-TLX puanlama skalası

Uygulamada kişilerden bu altı faktörü 1 - 20 arasında puanlamaları istenmektedir. Ayrıca yaptığı işi değerlendirerek faktörleri kendi aralarında karşılaştırmaları istenmektedir. Örneğin, kişi yaptığı işte zihinsel çabanın diğer faktörlere göre daha önemli olduğunu düşünüyorsa ikili karşılaştırmalarda zihinsel çaba daha fazla seçileceğinden, değerlendirmeye daha yüksek katsayı ile girmektedir.

Bu çalışmada mavi yaka personele uygulanabilirliği açısından pratik olması ve yapılan görevle ilgili önemli kriterleri ayrı ayrı puanlama imkanı sunması sebebiyle NASA-TLX yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca bu yöntemin çok çeşitli görevlerde uygulanmış olması, proses kontrol personelleri üzerinde yapılan bu araştırmanın diğer uygulamalarla kıyaslanabilir olmasını sağlayacaktır.

### 3.2. Giyilebilir Teknolojiler

Akıllı cep telefonlarının 7 'den 70 'e tüm kullanıcılara ulaşmasının ardından, günümüzde yeni trend olarak akıllı saatler ve akıllı bileklik kullanımında da artış gözlemlenmektedir. Bu cihazların kullanım alanlarını genişletmek ve faydalı çıktılar üretmek amacıyla da literatüre giren araştırmalarda da artış yaşanmaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber toplanan verilerin doğruluğu da aynı ivmeyle artmaktadır. Bu cihazlarda bulunan mini sensörler ile geliştirilen elektronik yazılımlar sayesinde kişinin sağlık verilerine ait birtakım veriler oluşmaktadır. Bunlar içerisinde en basit cihazda bile bulunan adım sayarları ve buna bağlı olarak yakılan kalori miktarları hesaplanmaktadır. Kullanılan cihazın kalitesi ile kalp atış hızı gibi kardiyovasküler ölçümler de yüksek doğrulukta alınabilmektedir. Yapılan çalışmalarda kalp atış hızındaki değişiklikten yola çıkarak kişinin stres düzeyinin ölçülmesi gibi uygulamalar bulunmaktadır.

Akıllı cihazların ölçüm tekniğinde aslında onlarca yıl öncesine dayanan tıbbi amaçlarla kullanılan yöntemlerden yararlanılmıştır. Bunlar başında PPG yani fotopletismografi tekniğidir. Fotopletismografi (PPG), dolaşım sisteminin nabızda olduğu gibi vurulu yapısından kaynaklanan, derinin altındaki mikrovasküler doku yatağında meydana gelen kan hacmi değişikliklerini vücut dışından ölçmek için kullanılan basit ve düşük maliyetli bir optik biyo-izleme yöntemi olarak tanımlanmıştır (Allen, 2007).

Giyilebilir teknolojiler aracılığıyla kişilerden toplanan veriler, toplanma amaçlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Toplanan veriler, başka bir işleme tabi tutulmadan direkt olarak elde ediliyor ve herhangi bir analiz ile üzerinden çıkarım yapılmıyorsa "ham veri" olarak adlandırılmaktadır. Uyku saatleri, kalp atış hızı değişkenliği veya atılan adım sayısı, ham veriye örnek olarak gösterilebilir. Toplanan ham veri ile birtakım analizler yoluyla çıkarımlar elde ediliyor ise "uygulama verileri" olarak adlandırılmaktadır (Julicher ve Delisle, 2018). Örneğin kalp atış hızı değişkenliğinden kişinin stres düzeyinin ölçülmesi, uygulama verisinin kullanımına bir örnektir.



PPG tabanlı teknolojiler, kan basıncı, oksijen seviyesi gibi ölçümlerin otonom olarak yapılması için çeşitli ürün yelpazesinde ticari olarak temin edilebilmektedirler. Bu sayede kardiyovasküler hastalıkların teşhisinde rol oynamaktadırlar (Allen, 2007).

Bu cihazların iş yerinde kullanılmasının mahremiyet ve güvenlik endişesi taşınması sebebiyle birtakım kısıtlamalar ile karşılaşılabilir. Bu sebeple 2015 yılında Amerikan Kalp Birliği, dijital sağlık teknolojilerinin literatürde daha çok yer alması ve geliştirilmesine destek olmak amaçlı bildiri yayınlamıştır. Yetersiz klinik kanıtlar teknolojinin gelişimini engellemektedir (Burke, Ma, Azar, Bennett, Peterson ve Zheng, 2015).

Bu çalışmada, mavi yaka personel için uygulama kolaylığı ve bilişsel iş yükünü ölçmede ekonomik bir yöntem olması sebebiyle NASA-TLX metodu seçilmiştir. Ayrıca üretim tesisinin geniş bir alana yayılması sebebiyle personellerin işletme içerisinde attıkları adımları tek bir kaynaktan toplamak için akıllı bileklikler sağlanmıştır.

### 3.3. REBA Yöntemi ile Analiz

Çalışma duruşlarını gözleme dayalı olarak ergonomik açıdan analiz etmeye yarayan REBA yöntemi ile duruşa ait bir risk puanı hesaplanmaktadır. Bunun için gövde, boyun ve bacaklar bir grupta değerlendirilirken, üst kol, alt kol ve bilekler ise ayrı bir grupta incelenmektedir. Her bir vücut bölümü için elde edilen puanlar ile ilgili tablolar kullanılarak duruş puanları elde edilmektedir. Ayrıca yük kaldırma varsa kaldırılan yükün ağırlığı, kavrama şekli veya hareketin sıklığı ve duruş ile ilgili aktivite skorlarının eklenmesiyle REBA skoru hesaplanmaktadır (Hignett ve McAtamney, 2000).

Proses kontrol çalışanları genellikle ipliğin durumunu takip etmek amacıyla gözle takip yapmaktadır. Sensörlerin hata okuyup okumadığını, eğer okuduysa bu hatanın nereden kaynaklandığını bulmak amacıyla makineyi incelemektedirler. Bu esnada makinenin üst kısımlarına bakmak için boyunlarını kaldırıp yukarı bakmak veya alt kısımları incelemek için eğilmek durumunda kalmaktadırlar. Hata tespit edilmişse, yaklaşık 10 kg ağırlığındaki yarı mamul poy ipliğinin değiştirilmesi için çalışan eğilerek yükü kaldırmak ve taşımak durumunda kalmaktadır. Benzer durumlarda tespit edilen 3 çalışma duruşu (Şekil 2) REBA yöntemi ile analiz edilmiştir.



Şekil 2. REBA ile analiz edilen çalışma duruşları

### 3.4. Uygulama

Çalışan performansını etkileyen 3 temel faktör fiziksel, çevresel ve psikolojik faktörlerdir. Çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede, incelenen departmanda çalışanlar için fiziksel ve çevresel olarak aynı koşullar sağlanmaktadır. Psikolojik olarak ekonomik problemler, ailevi sorunlar, sınırlı eğitimler, mesleki problemler gibi operatörden operatöre değişebilen unsurlar söz konusudur.

Bu çalışmada tüm fiziksel ve çevresel kaynakların eşit, aynı iş yüküne ve görev tanımına sahip, aynı bölüm içi eğitimlere katılmış, beş yılı aşkın süredir aynı işletmede proses kontrol operatörü olarak bire bir aynı görevde çalışan personellerin çalışma performansları irdelenmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti bir yıl boyunca elektronik ortamda yazılan hata bildirimlerinden alınmıştır. Hata bildirimleri, sensörlerin oluşturduğu grafiklerden destek alarak hata kaynaklarının (hammadde, mekanik veya elektronik aksam) tespitini içermektedir. Bu tespitlerden yola çıkılarak ilk seferde doğru hata tipini saptamadaki doğruluk oranları analiz edilmiştir. Hata tespitlerindeki doğruluk oranı yüksek ve düşük olan personellerin bilişsel iş yükü NASA-TLX metodu ile ölçülmüş, fiziksel iş yükü ise akıllı bileklik ile nabız ve adım sayısı ölçümleri ve REBA yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada fiziksel aktiviteleri değerlendirip yapılan iş ile ilişkilendirebilmek için, PPG kalp atış sensör teknolojisini içeren Mi Smart Band 5 bilekliği kullanılmıştır.

Fiziksel aktivitenin tanımı en basit haliyle kasların kasılmasıyla oluşan enerjinin harcanmasıyla sonuçlanan bedensel hareket denilebilir. Fiziksel aktivite olarak atılan adımlar takip edilmektedir. Sedanter bir yaşamı önlemek için günlük

10.000 adım atılması önerilmektedir. (Can, 2019). Çalışan kesim için düşünüldüğünde bu rakam ofis çalışanları için ekstra spor ya da yürüyüş gibi aktiviteler ile yakalanabilir. Sürekli hareket halindeki operatörler için bu rakam günlük iş akışında çok rahat ulaşılabilen kolay bir hedeftir.

Yapılan çalışmada personeller sabah saat 07:00'de başlayıp 15:00'a kadar devam eden bir vardiya boyunca takip edilmiştir. Personellere 5 gün boyunca verilen akıllı bileklikler ile iş saatleri içerisinde attıkları adım sayıları ve nabızları ölçülmüştür. Çalışma alanının genişliği ve vardiyada her bir personellin 15 makineden sorumlu olması sebebiyle atılan adım sayısı 10.000 değerlerine yaklaşmıştır. Burada yemek ve mola yerlerine uzaklıklar göz önünde bulundurularak bu aralıkta atılan adım sayıları toplanan verilerden düşülmüştür.

Verilen akıllı bileklikte bileğin kusursuz bir şekilde sarması hususunda personel bilgilendirilmiştir. Bu şekilde sensörlerin dış unsurlardan gelebilecek titreşim etkilerinden korunmuş olur. Sensör üzerinden elde edilen ham veriler ile analizler yapılmıştır.

Veri setinde bilişsel yük ile ilişkilendirilmek istenen temel veri "doğruluk oranı"dır. Doğruluk oranı, çalışanların hata tespitlerinde ilk seferde doğru kararı vermiş oldukları oranı ifade etmektedir. Burada, hata mekanikken, hammadde kaynaklı problem gibi ilgili birimlere müdahale ettirmek ya da hammadde kaynaklı bir hatanın elektronik gibi algılanması doğru hata tespit oranını düşüren birer hata olarak değerlendirilmiştir. Her bir çalışan personel için ilk seferde doğru tespitlerine bakarak değerlendirme yapılmıştır. Çalışanların tespit oranını düşüren etkilerin yaş, tecrübe, bir vardiyadaki adım sayıları ve NASA-TLX metoduyla ölçülen ağırlıklandırılmamış alt faktör değerlerinin kişiler arasındaki doğruluk oranı ile ilişkisinin olup olmadığı Mann-Whitney yöntemi ile araştırılmıştır. Analizler için MINITAB 21 yazılımı kullanılmış ve analizler %95 güven düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada incelenen personeller doğru hata tespit oranlarına göre gruplandırılmıştır. Doğru hata tespit oranı yüksek ve nispeten düşük olan grupların yaş, tecrübe, nabız, adım sayısı ve algıladıkları bilişsel iş yükleri açısından farklılık gösterip göstermediğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Personeller gruplandırılırken; doğru hata tespiti oranı %89 üzeri olan personeller Grup 1 olarak adlandırılmış, doğru hata tespiti %80-%89 arasında olan personeller ise Grup 2 olarak adlandırılmıştır. Bu iki grup arasında yaş, tecrübe, nabız, adım sayısı ve NASA-TLX yöntemi ile personeller tarafından 1 ile 20 puan arasında puanlandırılarak elde edilen altı alt faktör değeri (zihinsel zorluk, fiziksel zorluk, geçici zorluk, performans, çaba ve kaygı) olmak üzere toplam on adet kriter değerlendirilmiştir. Her bir personele puanlamaların nasıl yapılacağı ve vardiya sonunda tablonun nasıl doldurulacağı anlatılmıştır.

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur. Çalışmada gerçekleştirilen gözlem ve ölçümler, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri

Araştırma ve Yayın Etik Kurulu'nun 31 Ekim 2022 tarihli 2022-8 numaralı oturumunda alınan karar ile onaylanmıştır.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışma tekstil sektöründe proses kontrol sürecinde çalışan 16 personel ile, makine içerisinde hata tespiti yapılması anında gerçekleşen veriler incelenerek yapılmıştır. Gözlemlenen üç farklı çalışma duruşu (Şekil 2) için gerçekleştirilen REBA analizleri Tablo 1-3'te görülmektedir.

REBA analizi sonuçlarına göre çalışanın makinenin alt kısımlarını incelemek üzere eğildiği 1. çalışma duruşunda (Şekil 2-a) risk skoru 5 ve başını kaldırarak yukarıdaki kısımları incelediği 2. çalışma duruşunda (Şekil 2-b) risk skoru 6 olarak bulunmuştur. Buna göre bu çalışma duruşları için orta seviyede risk mevcuttur ve önlem alınması gerekmektedir. Çalışanın yarı mamul poy ipliğini değiştirdiği sırada gözlemlenen 3. çalışma duruşunun (Şekil 2-c) analizi sonucu REBA risk skoru 8 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışma duruşu için yüksek risk seviyesinde olduğu anlamına gelmektedir ve kısa zaman içerisinde önlem alınmalıdır.

Tablo 1

Çalışma Duruşu (a) için REBA Analizi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	3	4	2	2	Üst Kol
Boyun	2			2	Alt Kol
Bacaklar	1			1	Bilek
Yük/Kuvvet		0	0		Kavrama
<b>A Skoru</b>		4	2		<b>B Skoru</b>
	<b>C Skoru</b>	4			
	Aktivite Skoru	1			
	<b>REBA Skoru</b>	<b>5</b>			

Tablo 2

Çalışma Duruşu (b) için REBA Analizi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	2	4	5	4	Üst Kol
Boyun	3			2	Alt Kol
Bacaklar	1			1	Bilek
Yük/Kuvvet		0	0		Kavrama
<b>A Skoru</b>		4	5		<b>B Skoru</b>
	<b>C Skoru</b>	5			
	Aktivite Skoru	1			
	<b>REBA Skoru</b>	<b>6</b>			

Tablo 3

Çalışma Duruşu (c) için REBA Analizi

A Grubu		Tablo A	Tablo B	B Grubu	
Gövde	3	5	5	3	Üst Kol
Boyun	2			2	Alt Kol
Bacaklar	2			2	Bilek
Yük/Kuvvet		1	1		Kavrama
<b>A Skoru</b>		6	6		<b>B Skoru</b>
	<b>C Skoru</b>	8			
	Aktivite Skoru	0			
	<b>REBA Skoru</b>	<b>8</b>			

İstatistiksel analizler için, örneklem sayısının 30 adedin altında kalması ve normal dağılım göstermeyen veri setine en uygun olması sebebiyle parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Whitney ve Kruskal-Wallis yöntemleri kullanılmıştır. Analiz sonuçları %95 güven düzeyinde incelenmiştir.

İlk olarak Kruskal-Wallis yöntemi ile fizyolojik ölçüm sonuçları ile bilişsel ölçüm sonuçları arasında ilişki olup olmadığı incelenmiştir.

Çalışanların vardiyada attıkları adım sayıları, aynı görevi yapmakta oldukları tecrübe süreleri ve nabız ölçümleri gibi üç değerlendirme kriterinin NASA-TLX sonuçları ile ilişkisi olup olmadığı Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. P değeri 0,05'den büyük olan ortak tek ölçüm çalışanların vardiyada algıladıkları performanslarıdır.

Tablo 4'te, çalışanların vardiyalarda attıkları adım sayısının NASA-TLX ölçümleri ile ilişkisine ait p değerleri verilmiştir. Kruskal-Wallis yöntemi ile sonuçlar alınmıştır. Atılan adım sayısının, NASA-TLX sonuçlarından zihinsel iş yükü, performans ve kaygı için p değeri 0,05'den büyük bulunmuştur.

Tablo 4

Vardiyada Atılan Adım Sayısı ile NASA-TLX Ölçümleri Arasındaki İlişki

NASA-TLX alt faktörleri	p değeri
Zihinsel İş Yükü	0,063
Fiziksel İş Yükü	0,036
Geçici Zorluk	0,036
Performans	0,139
Çaba	0,036
Kaygı	0,223

Tablo 5'te NASA-TLX sonuçlarının çalışanların iş tecrübeleri ile ilişkisine ait p değerleri verilmiştir. Kruskal-Wallis yöntemi ile sonuçlar alınmıştır. P değeri 0,05'ten büyük sadece performans ölçütü çıkmıştır.

Tablo 5

Çalışanların Tecrübeleri ile NASA-TLX Ölçümleri Arasındaki İlişki

NASA-TLX alt faktörleri	p değeri
Zihinsel İş Yükü	0,045
Fiziksel İş Yükü	0,036
Geçici Zorluk	0,036
Performans	0,298
Çaba	0,036
Kaygı	0,032

Tablo 6'da NASA-TLX sonuçlarının çalışanların vardiyada ölçümlenen nabız değerleri ile ilişkisine ait p değerleri verilmiştir. Kruskal-Wallis yöntemi ile p değeri 0,05'ten büyük olan performans ölçütü kriteridir.

Tablo 6

Çalışanların Nabız Değerleri ile NASA-TLX Ölçümleri Arasındaki İlişki

NASA-TLX alt faktörleri	p değeri
Zihinsel İş Yükü	0,020
Fiziksel İş Yükü	0,036
Geçici Zorluk	0,036
Performans	0,063
Çaba	0,036
Kaygı	0,015

Çalışmanın çıkış noktası olan doğruluk oranları ile ilgili analizlerde ise, hata tespitlerindeki doğruluk oranlarının fizyolojik ve bilişsel değerler ile ilişkisinin test edilmesi için Mann-Whitney yöntemi kullanılmıştır. Çalışanlar doğruluk oranlarına göre iki gruba ayrılmıştır. Bu iki gruba ait fizyolojik ölçüm ve NASA-TLX sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir.

Grup 1 doğruluk oranı %90 üzerinde olan çalışanları içermektedir. Grup 2 ise doğruluk oranı %80-89 olan çalışanlardan oluşmaktadır. Her iki grup da sekizer adet personel içermektedir. Tablo 7'de elde edilen fizyolojik ölçüm türündeki verilerin Grup 1 ve Grup 2 olarak ortalamaları görülmektedir.

Tablo 7

Grup 1 ve Grup 2 için Fizyolojik Ölçüm Ortalamaları

Değerlendirme Başlıkları	Grup 1 ortalaması	Grup 2 ortalaması
Yaş	41,5	39,5
Tecrübe (yıl)	13	9,3
Max. Nabız	101,2	107,8
Adım Sayısı	12030,4	10782,0

Tablo 8’de elde edilen bilişsel ölçüm türündeki verilerin Grup 1 ve Grup 2 için ortalamaları verilmiştir.

Tablo 8

## Grup 1 ve Grup 2 için NASA-TLX Alt Faktör Ortalamaları

NASA-TLX alt faktörleri	Grup 1 ortalaması	Grup 2 ortalaması
Zihinsel İş Yükü	10,3	15,8
Fiziksel İş Yükü	13,5	16,0
Geçici Zorluk	10,3	11,9
Performans	18,4	18,6
Çaba	16,6	17,9
Kaygı	4,3	9,5

Tablo 9’da Mann-Whitney yöntemi ile elde edilen değerler gösterilmiş, sonuçlar numaralandırılmış ve her bir kriter bu numaralara göre açıklanmıştır.

Tablo 9

## Grup 1 ve Grup 2 Arasındaki Mann-Whitney Analizi Sonuçları

Değerlendirme Başlıkları	p değeri
(1) Yaş	0,873
(2) Tecrübe(yıl)	0,313
(3) Max. Nabız	0,013
(4) Adım Sayısı	0,013
(5) Zihinsel İş Yükü	0,035
(6) Fiziksel İş Yükü	0,712
(7) Geçici Zorluk	0,712
(8) Performans	0,705
(9) Çaba	0,224
(10) Kaygı	0,006



- (1) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların yaş ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin yaş ile ilişkisi yoktur.
- (2) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların tecrübeleri ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin tecrübe ile ilişkisi yoktur.
- (3) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde ölçülen maksimum nabız sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den küçük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin nabız değerleri ile ilişkisi vardır.
- (4) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde ölçülen adım sayısı sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den küçük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin çalışma saatleri ile ilişkisi vardır.
- (5) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Zihinsel İş Yükü sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den küçük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan zihinsel iş yükü ile ilişkisi vardır.
- (6) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Fiziksel İş Yükü sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan fiziksel iş yükü ile ilişkisi yoktur.
- (7) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Geçici Zorluk sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan geçici zorluk ile ilişkisi yoktur.
- (8) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Performans sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan performans ile ilişkisi yoktur.
- (9) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Çaba sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi

p değeri 0,05'den büyük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan çaba ile ilişkisi yoktur.

- (10) Hata kaynaklarında doğru tespit oranlarına göre iki gruba ayrılan çalışanların çalışma saatleri içerisinde NASA-TLX metodu ile ölçülen Kaygı sonuçları ile ilişkisini incelemek amaçlı yapılan Mann-Whitney testi p değeri 0,05'den küçük çıkmıştır. Doğru hata tespitlerinin algılanan kaygı ile ilişkisi vardır.

## 5. Tartışma ve Sonuç

Tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada proses kontrol işlemi gerçekleştiren personellerin fiziksel ve bilişsel iş yüklerinin incelenmesi amacıyla bu çalışmada, 16 çalışanın çalışma duruşları REBA yöntemi ile incelenmiş, fiziksel iş yükleri nabız ve adım sayısı ile değerlendirilmiş ve bilişsel iş yükleri NASA-TLX yöntemi yoluyla ölçülmüştür.

Çalışanların algılanan zihinsel iş yüklerinin gece ve gündüz vardiyaları arasında değişim gösterdiği bilindiğinden (Türker ve diğ., 2016), ölçümler yalnızca sabit ve bir vardiyada (07:00-15:00) yapılmıştır.

Ele alınan üç çalışma duruşu için REBA skorları sırasıyla 5, 6 ve 8 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, personellerin çalışma duruşlarının orta ve yüksek seviyede risk içerdiği tespit edilmiştir.

Grup 1 olarak belirlenen çalışan grubu hata tespitlerinde başarılı bulunan gruptur. Yapılan analizler sonucu Grup 1 çalışanlarının, Grup 2 çalışanlarına göre işi genel olarak daha basit algıladıklarını göstermektedir. Alınan nabızlar değerlendirildiğinde Grup 2'nin yüksek nabızla çalıştığı görülmüştür. Mann-Whitney yöntemi ile hata tespitlerinde yüksek nabızın negatif yönde etkisiyle ilişkisi bulunmuştur. Bu durum stres anında kalp atış hızımızın artması ile ilişkilidir ve stres anında insanlar doğru karar vermekte zorlanabilirler. Bu durum NASA-TLX alt faktörlerinden olan Zihinsel İş Yükü ile de teyit edilmiştir. Grup 2 çalışanları zihinsel iş yüklerinin daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Buradan işin zihinsel olarak daha ağır olduğunu düşünen çalışanların hata tespitinde karar vermelerinin daha da güçleştiği çıkarımı yapılabilir. Yine NASA-TLX ölçümlerinden olan kaygı başlığında verilen cevaplar ile Grup 2'nin işi gerçekleştirdiği sırada kaygısının daha yüksek olduğu görülmektedir. Yani subjektif olarak alabildiğimiz zihinsel iş yükü, kaygı ve stres ile değerlendirebileceğimiz kalp atış hızı Grup 2 çalışanlarında yüksek çıkmıştır. Çalışma anında stres hisseden Grup 2 çalışanlarının hata tespitlerinde doğru karar verme olasılıkları düşmektedir.

Fiziksel olarak adım sayısı ile olan ilişkiler incelendiğinde, doğru hata tespitinde başarılı olan grup 1 çalışanlarının daha fazla adım atıyor olması problemlerin çözümü için ilgili birimler ile daha çok irtibatla bulunduğu sonucunu desteklemektedir. Ancak üretim sahasının geniş olması operatörlerin makineler

arası geçirdiği süreyi artırmaktadır. Yapılan işin niceliklerine ve yemekhane, dinlenme salonları ile lavaboların mesafelerine bakıldığında tüm operatörlerin yakın adım sayıları atması gerekir.

Grup 1 personelleri hataların çözümü için geniş üretim sahası içerisinde daha aktif rol almaktadırlar. Bu farklılığı açıklayabilecek tecrübeye bağlı bir ilişki Mann-Whitney analizinde çıkmamıştır. Ancak Tablo 7 ve Tablo 8’de görüldüğü gibi aynı iş tanımında tecrübesi daha düşük olan personellerin zihinsel ve fiziksel iş yükü algılamalarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Farklı tecrübeye sahip grupların değerlendirilmesinde, daha genç ve daha az tecrübeli çalışanların algıladıkları zihinsel iş yüklerinin daha yüksek (Gülkaç, 2014) ya da daha düşük (Nur ve diğ., 2020) olabileceği görülmektedir. Literatürdeki bu durum, farklı görev tanımları sebebiyle oluşabilir. Dolayısıyla proses kontrol operatörleri üzerinde elde edilen bu sonucun özgün olduğu söylenebilir. Analizlerde ilişki bulunamayan diğer başlıklar ise NASA-TLX sonuçlarına göre fiziksel iş yükü, geçici zorluk, çalışanların kendilerinde değerlendirdikleri performans ve gösterdikleri çabanın değerlendirmesine aittir.

Her bir çalışan iş yerindeki performansını ve çabasını üst düzeyde görmektedir. Öz değerlendirmelerinde çalışanlar verdikleri cevapta yeterince şeffaf olmayabilirler. Ayrıca fiziksel iş yükünü tüm çalışanlar aynı şekilde algılamakta olup, doğru hata tespiti oranında ilişkisi bulunamamıştır.

Farklı sektörlerde faaliyet gösteren çalışanların bilişsel iş yükleri, işin görev tanımı ve tecrübe ile değişkenlik gösterebildiğini göstermektedir. Bu çalışmada yapılan gruplama doğrudan yaş ya da tecrübe ile ilişkili değildir. Hata tespiti konusunda başarılı ve az başarılı personeller arasındaki farklıklara odaklanılmıştır.

### **Araştırmacıların Katkısı**

Bu çalışmada; Songül KUL, ölçümlerin yapılması, literatür araştırması ve makalenin yazımı; Hilal ATICI ULUSU, literatür araştırması ve makalenin yazımı; Tülin GÜNDÜZ, uygun araştırma ve analiz yönteminin belirlenmesi, literatür araştırması konularında katkı sağlamışlardır.

### **Teşekkür**

Çalışmaya destek ve katkılarından dolayı Korteks Mensucat Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ye teşekkür ederiz.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

## Kaynaklar

- Akın, B. (1996). *ISO 9000 Uygulamasında İşletmelerde İstatistik Proses Kontrol-İPK-Teknikleri*, 1. Basım, İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi.
- Allen, J. (2007). Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement. *Physiological Measurement*, 28(3), R1. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/28/3/R01>
- Burke, L.E., Ma, J., Azar, K.M.J., Bennett, G.G., Peterson, E.D., Zheng, Y. vd. (2015). Current science on consumer use of mobile health for cardiovascular disease prevention: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 132(12), 1157–213. Doi : <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000232>
- Can, S. (2019). Fiziksel aktivite ölçümü: Objektif ve sübjektif yöntemler. *Spor Hekimliği Dergisi*, 54(4), 296-307. Doi : <https://doi.org/10.5152/tjism.2019.144>
- Gülkaç, H. (2014). Pilotların zihinsel işyüklerinin NASA-TLX yöntemiyle ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Hart, S. G. ve Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Human Mental Workload*, North Holland Press, Amsterdam, ss.139-183. Doi : [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Hart, S.G. (2006). NASA-Task Load Index (NASA-TLX): 20 Years Later, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50 th Annual Meeting*, ss: 904-908. Doi: <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Hignett, S. ve McAtamney, L. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31, 201-205. Doi : [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hoonakker P., Carayon, P., Gurses, R.B., McGuire, K. Khunlertkit, A. ve Walker, J.M. (2011). Measuring workload of ICU nurses with a questionnaire survey: The NASA task load index (TLX). *IIE Trans Healthc Syst Eng*, 1(2), 131–143. Doi : <https://doi.org/10.1080/19488300.2011.609524>
- Julicher, T. ve Delisle, M. (2018). "Step into "The Circle" – A close look at wearables and quantified self", Big Data in Context, Hoeren, T. & Kolany-Raiser, B. (ed.) içinde, Springer, 81-91. Doi : [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62461-7_10)
- Karadağ, M. ve Cankul, İ.H. (2015). The evaluation of mental workload in physicians. *International Journal of Social Science Studies*, 35, 361-370. <http://dx.doi.org/10.9761/IASSS2883>

- Moustafa, K., Luz, S., ve Longo, L. (2017). *Assessment of mental workload: a comparison of machine learning methods and subjective assessment techniques*. International Symposium on Human Mental Workload: Models and Applications (pp. 30-50). Springer, Cham. Doi : [https://doi.org/10.1007/978-3-319-61061-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-61061-0_3)
- Niebel, B. W. (2009). *Niebel's Methods, Standards and Work Design*. McGraw-Hill Higher Education.
- Nur, I., Iskandar, H. ve Ade, R. F. (2020). The measurement of nurses' mental workload using NASA-TLX method (a case study). *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 20 (Special1), 60-63. Doi : <https://doi.org/10.37268/mjphm/vol.20/no.Special1/art.705>
- Rubio-Valdehita, S., López-Núñez, M.I., López-Higes, R., ve Díaz-Ramiro, E.M. (2017). Development of the Carmen-Q questionnaire for mental workload assessment. *Psicothema*, 29(4), 570-576. Doi : <https://doi.org/10.7334/psicothema2017.151>
- Sugarindra, M., Suryoputro, M. R. ve Permana, A. I. (2017, Aralık). *Mental workload measurement in operator control room using NASA-TLX*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 277, No. 1, p. 012022). IOP Publishing. Doi : <https://doi.org/10.1088/1757-899X/277/1/012022>
- Türker, T., Türker, Y.A., ve Bayraktar, T. (2016, Temmuz). *Vardiyalar arası algılanan iş yükünün NASA-TLX metodu ile araştırılması*. International Science and Technology Conference, 1507-1514, Viyana.