

PAPER DETAILS

TITLE: AR-GE merkezi alısanlarının zihinsel is yüklerinin belirlenmesinde NASA-TLX yönteminin konjoint analizi ile kullanımı

AUTHORS: Merve Kayak, Demet Gönen Ocaktan

PAGES: 154-169

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/4099932>

AR-GE merkezi çalışanlarının zihinsel iş yüklerinin belirlenmesinde NASA-TLX yönteminin konjoint analizi ile kullanımı

Merve KAYAK¹, Demet GÖNEN OCAKTAN^{2,*}

¹ İŞBİR Elektrik Sanayii A.Ş., AR-GE Merkezi, 10150 Balıkesir, Türkiye

² Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Geliş Tarihi (Received Date): 01.08.2024

Kabul Tarihi (Accepted Date): 16.11.2024

Öz

İş yaşamında gün içerisinde ortaya çıkan olumlu veya olumsuz tecrübe edilen tüm durumlar yaşam kalitesini etkilemektedir. İş yaşamının, iş dışında kalan zamanda tam bir doyum sağlaması için, zihni yormaması gerekir. Zihinsel iş yükü, bir kişinin belirli bir süre boyunca bir görevi tamamlaması için gerekli olan zihinsel iş miktarı olarak tanımlanır. Bu çalışmada, bir firmanın AR-GE Merkezi çalışanlarının gerçekleştirdikleri işler sonucu hissettikleri zihinsel iş yükleri belirlenmiş, çalışanları olumsuz etkileyen ve performans düşüklüklerine neden olan bu durumun iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İş yükü ölçümü için, subjektif ölçüm yöntemlerinden NASA-TLX yöntemi kullanılmıştır. Yöntemin ağırlıklarının belirlenmesinde, altı boyutun birlikte değerlendirilmesi ve seviyelerine göre sıralanması için konjoint analizinden yararlanılmıştır. Yapılan iş süresince, çalışanların ne ölçüde zihinsel gereksinime, fiziksel gereksinime, zamansal gereksinime, çaba, performans ve başarısızlık hissine sahip olduklarını Taguchi ortagonal dizisine göre belirlenen kartlara göre sıralamaları, tüm bu boyutların birlikte göz önünde bulundurulmaları açısından önemlidir. Konjoint analizi ile elde edilen ağırlık puanlarının, çok az değiştiği (yaklaşık ± 4 puan), çoğu puanın da iş yükü ölçüm yönteminde bulunan sonuçlara yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Hissedilen zihinsel iş yükünün azaltılabilmesi için, çalışanların görev tanımlarının birbirinden ayrılmasının, yetkilendirme yapılarak sorumlulukların belirlenmesinin, eğitim ve sosyal aktivitelerin arttırılmasının, süreli işlerin plan içerisinde gerçekleştirilmesinin sağlanması öneri olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Zihinsel iş yükü, NASA-TLX, konjoint analiz.

*Merve KAYAK, ARG14@isbirelektrik.com.tr, <https://orcid.org/0000-0001-9973-5530>

Demet GÖNEN OCAKTAN, dgonen@balikesir.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1997-6719>

*Bu makale, birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında tamamlanmış yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Use of NASA-TLX method with conjoint analysis in determining mental workload of R&D center employees

Abstract

All positive or negative situations that arise during the day in business life affect the quality of life. Work-life should not tire the mind to provide satisfaction during non-work time. Mental workload is the amount of mental work required to complete a task over time. In this study, the mental workload felt by the employees of a company's R&D Center as a result of the work they perform was determined and it was aimed to improve this situation, which negatively affects the employees and causes low performance. NASA-TLX, one of the subjective measurement methods, was used to measure workload. In determining the weights of the method, conjoint analysis was used to evaluate the six dimensions together and rank them according to their levels. Employees need to rank mental needs, physical needs, time needs, effort, performance, and sense of failure during work according to the cards determined by the Taguchi orthogonal array to include all these dimensions together. It was observed that the weight scores obtained by conjoint analysis changed very little (approximately ± 4 points), and most of the scores produced results close to the results found in the workload measurement method. To reduce the perceived mental workload, it is suggested that employees' job descriptions should be separated from each other, authorization, training and social activities should define responsibilities should be increased, time-limited work should be carried out within the plan, etc.

Keywords: Mental workload, NASA-TLX, conjoint analysis.

1. Giriş

Zamanımızın büyük bir bölümünü kaplayan iş yaşamında, edinilen tüm tecrübeler yaşam kalitesini etkilemektedir. İş yaşamının dışında kalan zamanın etkin ve mutlu geçirilebilmesi için yapılan işin çalışmada fazla yük oluşturmaması gerekir. Çalışan üzerinde oluşan yük, zihinsel olabileceği gibi fiziksel de olabilmektedir. Fiziksel iş yükü kas-iskelet sisteminde ortaya çıkan iş yükü olarak nitelendirilirken, zihinsel iş yükü; yapılan görevin bitmesinin ardından çalışan üzerinde oluşan iş yükü olarak nitelendirilmektedir [1].

Zihinsel iş yükü ve zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerinden NASA-TLX ile ilgili literatürde oldukça fazla çalışma mevcuttur. Fenyvian ve ark. [2], yaptıkları çalışmada, aynı pozisyonda saatlerce bilgisayar karşısındaki çalışmaların sebep olduğu yorgunluğa bağlı zihinsel iş yükünün, iş dışındaki sosyal etkinlik ve kurumda yapılabilecek spor faaliyetlerinin arttırılması ile azaltılabileceğini önermişlerdir. Rachmuddin ve ark. [3] çalışmalarında, zihinsel iş yükünün beraberinde getirdiği verimlilik ve performans düşüklüğünün, eşit iş yükü dağılımının sağlanması, stres azaltma programlarına yatırım yapılması ve ödül sistemlerinin yaygınlaştırılmasıyla arttırılabileceğini belirtmişlerdir.

Uzunlar [4] yaptığı çalışmasında, zihinsel iş yükünün çalışan psikolojisini ve çalışma verimliliğini olumsuz etkilediğini ortaya koymuş ve bu duruma çözüm olarak da takım çalışması, çalışma planları, ödüllendirme sistemleri ve eğitimler önermiştir.

Ayuningtyas ve ark. [5], zihinsel iş yükünün getirmiş olduğu performans düşüklüğü ve kalitesizlik problemlerinin giderilebilmesi için, dinlenme zamanlarının arttırılmasını önermişlerdir. Asyidikiah ve ark. [6], zihinsel iş yükünün getirmiş olduğu verimlilik ve performans düşüklüğünün, düzenli egzersiz yapılması, dinlenme sürelerinin artırılması ve ergonomik olarak tasarlanmış ofislerde çalışılması ile düzeltilebileceğini belirtmişlerdir. Maulana ve ark. [7] yılında yaptıkları çalışmalarında zihinsel iş yükünün iş motivasyonunu düşürdüğünü ve çalışan performansını olumsuz etkilediğini, mesai saatlerinin düzenlenmesiyle bu durumun ortadan kaldırılacağını vurgulamışlardır. Bommer ve Fendley [8] yaptıkları çalışmalarında, gün içerisinde tekrarlayan işlerden oluşan üretim aşamalarını gerçekleştiren operatörlerin zihinsel iş yüklerini ölçmek için analitik ve ampirik tekniklerin bir kombinasyonunu kullanan teorik bir çerçeve önermişlerdir. Nino ve ark. [9] çalışmalarında, çalışanların işlerini yerine getirirken algıladıkları iş yükünde fiziksel faktörlerin yanı sıra psikososyal faktörlerin de etkili olup olmadığını araştırmışlardır. Kötü çalışma duruşlarının ve psikososyal faktörlerin algılanan zihinsel iş yükünü attırdığı sonucuna varmışlardır. Nino ve ark. [10] yılında yaptıkları çalışmalarında, iş esnasında algılanan zihinsel iş yüküne bireysel özelliklerin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda algılanan zihinsel iş yükünün kaygı, cinsiyet, yaş ve kişilik özellikleri gibi bireysel özelliklerden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Şeker [11] yaptığı çalışmada, AR-GE projelerinin değerlendirilmesinde proje uzmanlarında oluşan zihinsel iş yükünün belirlenmesi için NASA-TLX yöntemini kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile farklı demografik özelliklere sahip uzmanlar arasından yönetici uzman seçmek üzere bir uzman sistem geliştirmiştir. Galy ve ark. [12] yılında yaptıkları çalışmalarında, zihinsel iş yükü belirlenirken NASA-TLX yönteminde kullanılan altı boyutu bağımsız olarak ele almışlar ve iş esnasında etki eden faktörlerin (deneyim, uyanık olma, gergin olma vb.) boyutlar üzerinde farklı etkiler yarattığını göstermişlerdir. Tortorella ve ark. [13] çalışmalarında, Endüstri 4.0 teknolojilerinin iletişim merkezi çalışanlarının iş yükü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. İş yükünü değerlendirmek için NASA-TLX yöntemini kullanmışlar ve farklı teknoloji kullanımlarının çalışanların iş yükü üzerinde farklı etkilere yol açabileceği sonucuna varmışlardır. Frank ve ark. [14], bilişsel yükün mikro hareketler üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışmaya katılanlar ile uçuş operasyonlarını simüle eden bilişsel görevler gerçekleştirmişler ve algılanan zihinsel iş yükünü değerlendirmek için NASA-TLX yöntemi kullanmışlardır. Farklı bilişsel yükler için NASA-TLX yönteminin altı boyutunun zihinsel talep, fiziksel talep, zamansal talep, performans, efor ve rahatsızlık seviyesi düzeyi belirlenmiştir. Nam ve ark. [15] yaptıkları çalışmalarında, konuşmayı eş zamanlı olarak alt yazıya dönüştüren kişilerin algıladıkları zihinsel iş yükünü belirlemek için NASA-TLX yönteminden yararlanmışlardır.

Elde ettikleri sonuçlara göre çalışma planlamasında düzenleme, mola sürelerinin uzatılması, bireysel çalışma yerine ekip çalışmalarının arttırılması önerilerinde bulunmuşlardır. Atıcı-Ulus ve ark. [16] çalışmalarında, ofis çalışanlarının kas iskelet sistemi bozukluklarını ve zihinsel iş yüklerini değerlendirmişlerdir. Kas iskelet sistemi rahatsızlıkları kişisel anket yöntemi ve basit gözlemsel yöntem ile belirlenmiştir. Çalışmada zihinsel iş yükünü belirlemek için NASA-TLX yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, risk düzeylerinin cinsiyet ve yaş faktörleri ile ilişkisi de incelenmiştir.

Konjoint analizinin zihinsel iş yükü ile ilgili çalışmaları incelendiğinde ise, zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerinden SWAT için faktör ağırlıklarının tespitinde (düşük, orta ve yüksek düzey olmak üzere) 3 düzeyde kart sıralaması yapılarak kullanıldığı belirtilmiştir [17-19].

Bu makalede, savunma sanayi şirketleri arasında yer alan bir işletmenin AR-GE merkezinde beyaz yakalı çalışanların zihinsel iş yüklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Zihinsel iş yüklerinin tespitinde NASA-TLX yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde ağırlıkların belirlenmesi aşamasında, farklı bir zihinsel iş yükü ölçüm yönteminde kullanılan kart sıralaması mantığına dayanan konjoint analizi kullanılmıştır. Literatür araştırması yapılırken savunma sanayi sektöründe jeneratör imalatı yapan firmaların AR-GE Merkezinde görev yapmakta olan beyaz yakalı çalışanın zihinsel iş yüklerinin belirlenmesi amacıyla NASA-TLX yönteminin kullanıldığı ve bu yöntemin ağırlıklarının yüzde oranı cinsinden belirlenmesinde konjoint analizinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Konjoint analizi ile yöntemde yer alan altı faktörün ikili karşılaştırmaları yerine, altı faktörün birbirine göre göreceli öneminin ifade edildiği kartların sıralanması ile algılanan iş yükünün daha hassas olarak belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Metot ve materyal

2.1 Verilerin toplanması ve analizi

Jeneratör üretimi yapan bir işletmenin AR-GE Merkezinde gerçekleştirilen bu çalışmaya 4'ü kadın, 17'si erkek olmak üzere 21 çalışan katılmıştır. Yaşları 25 ile 55 arasında değişen çalışanlar 6 ay ile 24 yıl arasında çalışma tecrübesine sahiptirler. 2017 yılında faaliyete geçen bu merkezde çeşitli mühendislik branşlarında (endüstri, makine, elektrik, bilgisayar vs.) çalışanlar görev almaktadır. Çalışanlar ile yüz yüze görüşülerek çalışmada kullanılacak yöntem ve uygulama adımları açıklanmıştır. Yöntemin uygulaması için, çalışanlara yöntem ölçütlerinin bulunduğu formlar dağıtılmış ve yaptıkları iş süreçlerini düşünerek doldurmaları istenmiştir.

2.2. NASA-TLX Yöntemi

Hart ve Staveland tarafından 1988 yılında geliştirilen NASA-TLX Yöntemi zihinsel iş yükü ölçüm yöntemleri arasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem zihinsel iş yükünü zihinsel, fiziksel, zamansal gereksinim, efor düzeyi, performans ve rahatsızlık seviyesi olmak üzere altı faktör üzerinden değerlendirmektedir [19, 20]. İşin ne ölçüde düşünme gerektirdiği zihinsel gereksinim ile ne ölçüde fiziksel güç gerektirdiği, fiziksel gereksinim ile işi yaparken ne kadar acele etmek zorunda kalındığı zamansal gereksinim ile ölçülmektedir. İş esnasında harcanan zihinsel ve fiziksel güç efor düzeyi ile, başarı düzeyi performans ile ve hissedilen baskı veya ortaya çıkan motivasyon bozukluğu rahatsızlık seviyesi ile değerlendirilmektedir [19]. Zihinsel iş yükü belirlenirken performans faktörü hariç diğer faktörler 0 (düşük) ile 100 (yüksek) arasında puanlanmaktadır. Performans faktöründe ise iyi ve kötü olacak şekilde puanlama söz konusudur [21]. Puanlamanın ardından ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Yapılan 15 adet ikili karşılaştırma ile hangi faktörün diğerine göre daha çok hissedildiği belirtilmektedir. Her sıklığın ne ölçüde tekrarlandığından çıkarılan ağırlıkların yüzde

cinsinden değerleri ile 0-100 arasında verilen puanların çarpılıp toplanması ile çalışanın zihinsel iş yükü Eşitlik 1’de yer alan formüle göre hesaplanmaktadır [22].

$$NASA - TLX = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^6 X_i \cdot W_i \quad (1)$$

X_i : Faktörlerin derecelenme puanı W_i : Faktörlerin ağırlık puanı

Hesaplanan risk puanı, 0 ile 20 arasında ise çok düşük, 21 ile 40 arasında ise düşük, 41 ile 59 arasında ise orta 60 ile 79 arasında ise yüksek ve 80 ile 100 arasında ise çok yüksek olarak değerlendirilmektedir [23]. Yüksek ve çok yüksek seviyede çıkan zihinsel iş yüklerinde iş yüklerini azaltmak için iyileştirme çalışmaları yapılması gerekmektedir. NASA-TLX yöntemi, sağlık sektörü çalışanlarının [24], hava yolu çalışanlarının [25, 26], muhasebe çalışanlarının [27], çevrimiçi derse katılan öğrencilerin [28], mühendislerin [5] ve banka çalışanlarının [29] vb. algıladıkları zihinsel iş yükünden, verimlilik ve performans açısından ne derece etkilendiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Yöntem kapsamlı olması, düşük iş yükü gerektirmesi, diğer dillere çeviri avantajı sağlaması gibi özelliklerinden dolayı diğer zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerine göre kolay ve yaygın kullanım alanı sunmaktadır [30].

2.3. Konjoint Analizi

Konjoint Analizi konusunda ilk çalışmalar 1920’li yıllarda başlamıştır. 1964’de Luce ve Tukey tarafından konjoint ölçüsünün önemi yapılan bir çalışma ile sunulmuştur [31]. CONsider ve Joint sözcüklerinin birleştirilmesi ile oluşturulan konjoint analizi mevcut veya yeni geliştirilecek bir ürün veya hizmette, ürün kullanıcısının üründe istediği özellikleri ve hangi özelliklerin öncelikli olduğunu tespit etmeye çalışan, bir tercih belirleme yöntemidir [32]. Yöntem, tüketicinin belirli bir duruma karşı ne şekilde tepki vereceğini ölçmektedir [33]. Konjoint analizinin, dilsel ifadeleri sayısal ifadelere dönüştürmesi, seçenekleri birbirleri arasında karşılaştırma imkanı sunması, analiz esnasında tercih edilen özellikler belirlenirken, tercih edilmeyen özelliklerin de belirlenebilmesini sağlaması avantajları olarak değerlendirilmektedir [35].

Konjoint analizinde; kısmi faydaların tahmin edilmesiyle faktörlerin ağırlık puanı bulunabilir. Tahmin yöntemiyle her bir faktör düzeyi için kısmi fayda (β_{im}) değerleri elde edilir. (β_{im}), i’inci faktörün m’inci düzeyinin seçilmesinin beklenen tercih puanında meydana getireceği artış ya da azalış miktarıdır. Faktörün ağırlık puanı faktörün en düşük ve en yüksek kısmi fayda değerleri arasındaki fark alınarak bulunur. Her faktör için fayda aralığı Eşitlik 2 ile hesaplanır.

$$[I_i = \beta_{im}^{Max} - \beta_{im}^{Min}] \quad (2)$$

Faktörlerin fayda aralıkları normalize edilerek ağırlık puanı (W_i) Eşitlik 3 ile bulunur. Tüm faktörlerin ağırlık puan değerleri toplamı bire eşittir [36].

$$W_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^I I_i} \text{ ve } \sum_{i=1}^I W_i = 1 \quad (3)$$

Bu makalede, kişi seçimleri için etkili olan ağırlık yüzdelelerini tespit edebilmek amacıyla gerçekleştirilen 15 adet ikili karşılaştırma yerine, zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerinden SWAT’ ın kart sıralama aşamasında kullanılan konjoint analizi kullanılmıştır. SWAT yöntemine göre 3 faktör (zihinsel baskı, stres, çaba) ve 3 düzeyde (düşük, orta, yüksek) 27 kart oluşturulmaktadır [37]. Ancak NASA-TLX Yöntemine göre 6 faktör (zihinsel gereksinim, fiziksel gereksinim, zamansal gereksinim, performans, efor, rahatsızlık

seviyesi) ve 5 düzeyde (çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek) 720 kart oluşturulmaktadır. Bu kartların sıralanması esnasında, çalışanda seçmiş olduğu kartları yeniden seçtiği algısı, bıkkınlık ve dikkat dağınıklığı oluşacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, en az deney ile optimize edilen ve en uygun parametre kombinasyonlarını tespit etmek için kullanılan deney tasarımı yöntemlerinden 1980'li yıllarda Genichi Taguchi tarafından geliştirilen Taguchi ortogonal dizisi [38,39] ile oluşturulacak kartların sıralanması ile ağırlık değerlerinin verilmesi amaçlanmıştır.

3. Uygulama

Ar-GE Merkezinde farklı branşlarda araştırmacıların olması, birçok projenin birlikte yürütülmesi ve projelerin süre kısıtlarının bulunması, bilgisayar karşısında tasarım, analiz ve geliştirme faaliyetlerinin uzun saatler içerisinde ortaya çıkarılması, yürütülen projelerin zorlu fiziksel test koşullarını beraberinde getirmesi, patent/faydalı model çalışmalarının uzun efor gerektirmesi, süreçler sırasında baskı ve motivasyon düşüklüğü sonucu hayal kırıklığı yaşanması, kıdem veya yükselme durumları vb. çalışanlarda zihinsel iş yükü oluşturmaktadır

Zihinsel iş yükü ölçüm yöntemleri incelendiğinde, uygulanmasının kolay olması ve farklı boyutları birlikte değerlendirme imkanı vermesi nedeniyle NASA-TLX Yöntemi seçilmiştir. Zihinsel iş yükü ve NASA-TLX Yöntemi çalışanlara açıklanarak, yaptıkları işler esnasında ihtiyaç duydukları yada hissettikleri gereksinimleri altı faktör üzerinden 0 ile 100 arasında puanlamaları istenmiştir. İhtiyaç duyulan yada hissedilen gereksinim düşükse 0 puan, yüksekse 100 puan olarak değerlendirilmiştir.

Çalışanların yaptıkları iş esnasında hissettikleri zihinsel yükünü belirlemek amacıyla, ne kadar zihinsel, fiziksel ve zamansal gereksinim hissettikleri, performanslarını, eforlarını ve rahatsızlık seviyelerini puanlamaları istenmiştir. Çalışanların işleri esnasında düşünme, hatırlama, seçim yapma, arama gibi konularda değerlendirmeleri zihinsel gereksinimi; itme, çekme, çevirme, çalıştırma gibi konulardaki değerlendirmeleri fiziksel gereksinim olarak ifade edilmektedir. İşin yavaş hızlı olması zamansal gereksinim ve işin tamamlanması ile hissedilen memnuniyet performans olarak değerlendirilir. İşin tamamlanmasında zihinsel ve fiziksel yönden ne kadar efor gösterildiği ve iş esnasında sinirli, isteksiz, stresli gibi ortaya çıkan hissiyat rahatsızlık seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Çalışanlar tarafından bu altı boyuta verilen puanlar Tablo 1'de sunulmuştur. Örneğin; çalışan 1 (Ç1) yaptığı iş esnasında zihinsel gereksinimi 0 ile 100 arasında 80 olarak puanlamıştır. Fiziksel gereksinimi 95, zamansal gereksinimi 60 olarak değerlendirmiştir. Yaptığı işi düşündüğünde performans 0 ile 100 arasından 90, efora 90 ve rahatsızlık seviyesine 80 puan vermiştir.

Tablo 1. AR-GE Merkezi çalışanları NASA-TLX puanlama skalası

Çalışan	Zihinsel Gereksinim	Fiziksel Gereksinim	Zamansal Gereksinim	Performans	Efor	Rahatsızlık Seviyesi
Ç1	80	95	60	90	90	80
Ç2	80	40	80	15	70	75
Ç3	90	95	95	90	80	70
Ç4	85	45	95	75	95	45
Ç5	100	30	100	90	70	20
Ç6	60	50	60	10	60	20
Ç7	90	60	70	80	80	10
Ç8	40	55	50	50	40	50
Ç9	70	30	80	5	70	30
Ç10	90	95	95	5	90	30
Ç11	80	25	45	20	50	10
Ç12	80	60	70	15	55	90
Ç13	95	30	90	70	90	10
Ç14	90	20	70	90	80	60
Ç15	80	40	75	80	75	90
Ç16	70	70	80	80	80	50
Ç17	65	90	80	85	90	65
Ç18	80	40	90	90	100	90
Ç19	60	50	70	45	65	25
Ç20	100	50	100	10	90	0
Ç21	95	10	95	5	80	90

Çalışanlardan NASA-TLX Yönteminin altı faktörünü ikili karşılaştırmalar ile değerlendirmeleri istenmiştir. İkili karşılaştırmada yer alan faktörlerden hangisi diğerine göre daha fazla hissedilmişse o faktörü işaretlemeleri belirtilmiş ve verilen cevaplara göre elde edilen sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Örneğin; Ç1 zihinsel ve fiziksel gereksinimi karşılaştırdığında, yaptığı işi düşünerek fiziksel gereksinimi daha fazla hissettiğini belirtmiştir. Zamansal ve fiziksel gereksinimin karşılaştırılmasında, fiziksel gereksinimin daha fazla olduğunu, performans ve zihinsel gereksinimin karşılaştırılmasında, performansın zihinsel gereksinime göre daha üstün olduğunu değerlendirmiştir. Rahatsızlık seviyesi ile zamansal gereksinimi karşılaştırılması istendiğinde, rahatsızlık seviyesini daha fazla hissettiğini belirtmiştir. Efor ve performans düşünüldüğünde efor, zamansal gereksinim ve performans düşünüldüğünde performans ve efor ve zamansal gereksinim düşünüldüğünde de eforu daha fazla olarak işaretlemiştir. İkili karşılaştırmalar, diğer boyutların kombinasyonları için de yapılmıştır. Son olarak çalışan rahatsızlık seviyesi ve eforu karşılaştırdığında, rahatsızlık seviyesinin yüksek olduğunu belirtmiştir.

Tablo 2. AR-GE Merkezi çalışanları NASA-TLX ikili karşılaştırma tablosu

Çalışan	Zihinsel G. Fiziksel G.	Zamansal G Fiziksel G.	Performans Zihinsel G.	Rahatsızlık Zamansal G	Efor Performans	Zamansal G Performans	Efor Zamansal G	Fiziksel G. Efor	Zihinsel G. Zamansal G	Rahatsızlık Fiziksel g.	Efor Zihinsel G.	Rahatsızlık Zihinsel G.	Performans Fiziksel G.	Rahatsızlık Performans	Rahatsızlık Efor
Ç1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ç21	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tablo 1’de verilen iş yükü puanlama skalası sonuçları ve Tablo 2’de yer alan ikili karşılaştırmalar ile elde edilen ağırlıklandırma puanları ve bu iki değere göre hesaplanan zihinsel iş yükü sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. İkili karşılaştırmalarda, iki faktörden diğerine göre daha fazla hissedilen faktörün seçim tekrarının 15 değerine bölünmesi ile ağırlık oranı elde edilmiştir. Her bir faktör için verilen 0-100 arası puanlar ile ağırlık oranlarının çarpılıp toplanması ile zihinsel iş yükü hesaplanmıştır.

Tablo 3’ten elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; 9 çalışanın zihinsel iş yükü skorlarının 80 ile 100 arasında yani çok yüksek seviyede, 6 çalışanın iş yükü skorunun 60 ile 79 arasında yani yüksek seviyede, 5 çalışanın iş yükü skorunun 41 ile 59 arasında yani orta seviyede zihinsel iş yükü hissettikleri belirlenmiştir. Bu çalışanların 1-20 yıl arası tecrübeli oldukları, 26-55 yaş aralığında oldukları ve bu çalışanların elektrik, elektrik-elektronik, endüstri, mekatronik, makine mühendisi ve tasarımcı olarak görev yaptıkları tespit edilmiştir.

Tablo 3. AR-GE Merkezi çalışanlarının NASA-TLX iş yükü değerleri

Çalışan	Zih. Ger.	Ağır. %	Fiz. Ger.	Ağır. %	Zam. Ger.	Ağır. %	Perform.	Ağır. %	Efor	Ağır. %	Rahat. Sev.	Ağır. %	Sonuç
Ç1	80	0,00	95	26,67	60	6,67	90	13,33	90	20,00	80	33,33	86,00
Ç2	80	33,33	40	6,67	80	20,00	15	26,67	70	13,33	75	0,00	58,67
Ç3	90	6,67	95	33,33	95	20,00	90	13,33	80	26,67	70	0,00	90,00
Ç4	85	26,67	45	0,00	95	26,67	75	20,00	95	20,00	45	6,67	85,00
Ç5	100	26,67	30	6,67	100	33,33	90	0,00	70	13,33	20	20,00	75,33
Ç6	60	26,67	50	0,00	60	20,00	10	33,33	60	6,67	20	13,33	38,00
Ç7	90	13,33	60	13,33	70	20,00	80	26,67	80	20,00	10	6,67	72,00
Ç8	40	13,33	55	26,67	50	20,00	50	13,33	40	26,67	50	0,00	47,33
Ç9	70	13,33	30	6,67	80	26,67	5	26,67	70	26,67	30	0,00	52,67
Ç10	90	6,67	95	33,33	95	13,33	5	20,00	90	26,67	30	0,00	75,33
Ç11	80	26,67	25	6,67	45	20,00	20	20,00	50	26,67	10	0,00	49,33
Ç12	80	13,33	60	6,67	70	6,67	15	13,33	55	33,33	90	26,67	63,67
Ç13	95	13,33	30	6,67	90	33,33	70	26,67	90	20,00	10	0,00	81,33
Ç14	90	33,33	20	0,00	70	6,67	90	26,67	80	13,33	60	20,00	81,33
Ç15	80	26,67	40	0,00	75	20,00	80	6,67	75	13,33	90	33,33	81,67
Ç16	70	20,00	70	6,67	80	26,67	80	20,00	80	26,67	50	0,00	77,33
Ç17	65	13,33	90	13,33	80	20,00	85	13,33	90	26,67	65	13,33	80,67
Ç18	80	33,33	40	0,00	90	26,67	90	6,67	100	13,33	90	20,00	88,00
Ç19	60	20,00	50	13,33	70	20,00	45	26,67	65	20,00	25	0,00	57,67
Ç20	100	26,67	50	0,00	100	26,67	10	26,67	90	13,33	0	6,67	68,00
Ç21	95	33,33	10	0,00	95	26,67	5	13,33	80	6,67	90	20,00	81,00

Çalışmada ağırlık puanları belirlenirken ikili karşılaştırmalar yerine, NASA-TLX yönteminin altı faktörünün birlikte değerlendirilmesi amacıyla konjoint analizi kullanılmıştır. Konjoint analizi, kişi seçimlerinde yer alan dilsel ifadeleri sayısal ifadelerle dönüştürerek, seçimlerin ne ölçüde tespit edildiğini ortaya koymaktadır. Kişiler bir değerlendirme sırasında, tercihlerini belirledikleri unsurları bu yöntem sayesinde yüzde cinsinden ağırlıklandırabilirler. Yani bir kişinin seçimlerinin tercihlerine olan katkısı, o tercihin kısmi faydası olarak değerlendirilmektedir [40].

Riono ve ark. [23] belirlemiş olduğu düzeylere göre 6 faktörün, 5 düzey için 720 adet kart ortaya çıkmaktadır. Bu kadar kart sıralanması, çalışan üzerinde seçilen kartı tekrar seçtiği, verdiği puanları daha önce de verdiği algısına sebep olacaktır. Bu sebeplerden dolayı bu kart sayısı deney tasarımının Taguchi L25 ortogonal dizisi ile 6 faktör (zihinsel gereksinim, fiziksel gereksinim, zamansal gereksinim, performans, efor, rahatsızlık seviyesi) ve 5 düzey (1:çok düşük, 2:düşük, 3:orta, 4:yüksek, 5:çok yüksek) için 25 adete indirilmiş ve optimum deney sayısı elde edilmiştir.

MINITAB Programı kullanılarak Taguchi ortogonal dizisi ile oluşturulan kartlar Tablo 5'te verilmiştir. Örnek olarak Tablo 4'te verilen Kart19, performans seviyesinin çok yüksek, zihinsel ve fiziksel gereksinimin yüksek, efor seviyesinin orta, zamansal gereksinimin düşük, rahatsızlık seviyesinin ise çok düşük olarak nitelendirildiğini ifade etmektedir.

Tablo 4. Kart örneği

K A R T 1 9	Zihinsel Gereksinim	Yüksek
	Fiziksel Gereksinim	Yüksek
	Zamansal Gereksinim	Düşük
	Performans	Çok Yüksek
	Efor	Orta
	Rahatsızlık Seviyesi	Çok Düşük

Tablo 5. Taguchi ortogonal dizisi ile 6 faktör ve 5 boyut için oluşturulan 25 adet kart

Kart no	Zihinsel Gereksinim	Fiziksel Gereksinim	Zamansal Gereksinim	Performans	Efor	Rahatsızlık Seviyesi
Kart1	1	1	1	1	1	1
Kart2	1	2	2	2	2	2
Kart3	1	3	3	3	3	3
Kart4	1	4	4	4	4	4
Kart5	1	5	5	5	5	5
Kart6	2	1	2	3	4	5
Kart7	2	2	3	4	5	1
Kart8	2	3	4	5	1	2
Kart9	2	4	5	1	2	3
Kart10	2	5	1	2	3	4
Kart11	3	1	3	5	2	4
Kart12	3	2	4	1	3	5
Kart13	3	3	5	2	4	1
Kart14	3	4	1	3	5	2
Kart15	3	5	2	4	1	3
Kart16	4	1	4	2	5	3
Kart17	4	2	5	3	1	4
Kart18	4	3	1	4	2	5
Kart19	4	4	2	5	3	1
Kart20	4	5	3	1	4	2
Kart21	5	1	5	4	3	2
Kart22	5	2	1	5	4	3
Kart23	5	3	2	1	5	4
Kart24	5	4	3	2	1	5
Kart25	5	5	4	3	2	1

* 5:çok yüksek 4:yüksek 3:orta 2:düşük 1:çok düşük

Çalışanlardan, oluşturulan 25 kartı yaptıkları işi düşünerek düşükten yükseğe doğru olacak şekilde sıralamaları istenmiştir. Çalışan 7 tarafından gerçekleştirilen sıralama örnek olması amacıyla Tablo 6'da verilmiştir. Çalışan ilk sırada Kart1'i yani altı boyutunda çok düşük olarak değerlendirildiği kartı (zihinsel gereksinim:1, fiziksel

gereksinim:1, zamansal gereksinim:1, performans:1, efor:1, rahatsızlık seviyesi:1), ikinci olarak Kart2'yi yani zihinsel gereksinim için çok düşük, diğer beş boyut için de düşük olan kartı seçmiştir. Son kart olarak Kart7'yi yani eforun çok yüksek, rahatsızlık seviyesinin çok düşük, zihinsel ve fiziksel gereksinimin düşük, zamansal gereksinimin orta ve performansın yüksek olduğu kartı sıralamıştır.

Tablo 6. Konjoint analizi için çalışan 7 tarafından gerçekleştirilen sıralama

Sıralama	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kart numarası	Kart 1	Kart 2	Kart 3	Kart 16	Kart 17	Kart 18	Kart 4	Kart 8	Kart 12	Kart 19
Sıralama	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Kart numarası	Kart 20	Kart 21	Kart 5	Kart 9	Kart 13	Kart 14	Kart 22	Kart 23	Kart 6	Kart 10
Sıralama	21	22	23	24	25					
Kart numarası	Kart 11	Kart 15	Kart 24	Kart 25	Kart 7					

Taguchi ortogonal dizisine göre oluşturulan 25 karta ve çalışanlar tarafından gerçekleştirilen kart sıralamalarına göre SPSS programında konjoint analizi ile elde edilen ağırlıklar Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Konjoint Analizi ile elde edilen ağırlık yüzdeleri

Çalışan	Zihinsel Gereksinim (%)	Fiziksel Gereksinim (%)	Zamansal Gereksinim (%)	Performans (%)	Efor (%)	Rahatsızlık Seviyesi (%)
Ç1	47,647	11,765	8,824	10,588	11,176	10,000
Ç2	31,140	13,596	15,351	15,789	11,404	12,719
Ç3	46,995	7,650	8,743	11,475	4,372	20,765
Ç4	44,335	6,897	15,271	11,330	16,749	5,419
Ç5	37,391	8,696	10,870	14,783	12,173	16,087
Ç6	30,303	9,957	13,420	18,182	8,225	19,913
Ç7	33,010	19,417	15,049	9,223	10,680	12,621
Ç8	56,604	22,642	5,660	6,918	2,516	5,660
Ç9	27,615	21,757	10,460	9,623	17,155	13,389
Ç10	43,069	10,891	14,851	8,416	9,901	12,871
Ç11	42,935	17,391	10,326	5,435	9,239	14,674
Ç12	29,956	12,775	15,419	17,181	11,454	13,216
Ç13	83,333	16,667	0,000	0,000	0,000	0,000
Ç14	43,689	6,796	7,282	16,990	19,903	5,340
Ç15	49,444	7,778	10,556	10,000	4,444	17,778
Ç16	29,412	14,932	11,312	15,385	23,529	5,430
Ç17	33,796	18,981	12,037	14,815	15,278	5,093
Ç18	35,556	0,000	37,778	8,889	8,889	8,889
Ç19	22,314	11,157	24,380	20,661	8,678	12,810
Ç20	39,691	16,495	9,794	6,186	14,948	12,887
Ç21	41,000	9,500	15,000	7,000	15,000	12,500

Konjoint analizi ile elde edilen ağırlıkların, altı faktöre verilen puanlar ile çarpılması ile elde edilen zihinsel iş yükü değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Ayrıca, NASA-TLX yöntemi ile elde edilen iş yükü puanları (Tablo 3) ve iki farklı şekilde hesaplanan puanlar arasındaki farklara da tabloda yer verilmiştir.

Tablo 8. AR-GE Merkezi çalışanları için konjoint analizi ağırlık skalası ve sonuçların karşılaştırması

Çalışan	Konjoint Analizi ile ağırlıklandırma puanları	NASA-TLX ile elde edilen puanlar	Fark
Ç1	82,18	86,00	3,82
Ç2	62,52	58,67	-3,85
Ç3	86,23	90,00	3,77
Ç4	82,14	85,00	2,86
Ç5	75,91	75,33	-0,58
Ç6	41,95	38,00	-3,95
Ç7	69,08	72,00	2,92
Ç8	45,22	47,33	2,11
Ç9	50,73	52,67	1,94
Ç10	76,41	75,33	-1,08
Ç11	50,52	49,33	-1,19
Ç12	63,19	63,67	0,48
Ç13	84,17	81,33	-2,84
Ç14	80,19	81,33	1,14
Ç15	77,92	81,67	3,75
Ç16	73,94	77,33	3,39
Ç17	78,33	80,67	2,34
Ç18	87,33	88,00	0,67
Ç19	54,17	57,67	3,50
Ç20	71,80	68,00	-3,80
Ç21	77,75	81,00	3,25

Tablo 8’de yer alan değerler arasında en fazla 3,95 puan fark olduğu görülmektedir. Bu farkın sebebi, çalışanın NASA-TLX yönteminde ikili karşılaştırmalar ile zihinsel ve zamansal gereksinimin yüksek olduğunu ortaya koyması fakat kart sıralama yönteminde daha çok zihinsel gereksinim ve efor faktörünün kendisi için çok yüksek olduğunu ifade

edecek şekilde kartları en fazladan en aza doğru sıralamasıdır. Bu durum aradaki puan farkının oluşmasına sebep olmuştur.

Tablo 8’de verilen çözüm değerleri içerisinde en az 0,48 puan fark olduğu görülmüştür. Bu farkın sebebi, çalışanın NASA-TLX yönteminde ağırlıkların belirlenmesinde rahatsızlık seviyesi ve efor faktörünü yüksek olarak değerlendirmesi, kart sıralama yönteminde ise rahatsızlık seviyesi ve zihinsel gereksinim faktörünün kendisi için çok yüksek olduğunu ifade edecek şekilde kartları sıralamasıdır. Devamında da rahatsızlık seviyesinin kendisi için yüksek olduğunu değerlendirdiği kartları sıralayarak işlemine devam etmesidir.

4. Sonuç

Bu çalışma savunma sanayi sektörü kuruluşu olan bir firmanın AR-GE Merkezi çalışanları üzerinde yapılmıştır. AR-GE Merkezleri ve çalışanları bilimsel araştırmaların geliştirilebilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu merkezlerde yapılan işler sonrası iş yükü, fiziksel olabileceği gibi zihinsel de olabilmektedir. Özellikle uzun oturular gerektiren tasarım ve analizler, literatür araştırmaları, aynı süre zarfı içerisinde birden çok işle uğraşılması, zorlu test koşulları, projelerin başlangıç ve bitiş tarihleri, patent, faydalı model gibi çalışmaların ortaya çıkarılabilmesi için gereken uğraşlar, süreç içerisinde oluşan baskı, motivasyon bozukluğu ve hayal kırıklığı yaşanması gibi sorunlar çalışanların performansını düşürmekte ve beraberinde verimsiz bir iş yaşamına alt yapı hazırlamaktadır. Belirtilen sebepler de dikkate alınarak firma çalışanlarının zihinsel iş yüklerinin değerlendirilmesi amacıyla sorular çalışanlara anket olarak yöneltilmiştir.

Çalışanların verdikleri cevaplar ve ikili karşılaştırma sonuçları ise ayrıntılı olarak Tablo 4’te yer almaktadır. Bu sonuçlar dikkate alındığında;

- çalışanların %42,8’inin zihinsel iş yükünün çok yüksek, %28,5’inin yüksek ve %23,8’inin ise orta düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır. İkili karşılaştırmaların yerine, tüm faktörlerin birbirlerine göre göreceli değerlendirildiği, kart sıralama yöntemi ile zihinsel iş yükü ağırlıkları belirlendiğinde ise çalışanların %28,5’inin çok yüksek, %47,6 sının yüksek ve %23,8’inin ise orta düzeyde olduğu görülmektedir.

NASA-TLX Yöntemi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında çok yüksek iş yükü hisseden çalışanların, konjoint yöntemi ile kart sıraladıklarında bu düzeylerinin yüksek seviyeye indiği görülmüştür. Bunun sebebinin de ikili karşılaştırma yaparken rahatsızlık seviyesi (%33,3) ve zihinsel gereksinime (%26,7) öncelik verdiği ancak kart sıralarken zihinsel gereksinim (%49,4) ve rahatsızlık seviyesine (%17,8) ağırlık verdiği görülmüştür.

- Yine ikili karşılaştırma yaparken çaba (%26,7) ve zamansal gereksinime (%20) öncelik verdiği ancak kart sıralarken zihinsel gereksinim (%33,8) ve fiziksel gereksinime (%18,9) ağırlık verdiği görülmüştür.

- Bir başka ikili karşılaştırmada zihinsel gereksinime (%33,3) ve zamansal gereksinime (%26,7) öncelik verilirken kart sıralama yöntemi ile zihinsel gereksinime (%41,0), zamansal gereksinime (%15,0) ve çabaya (%15,0) ağırlık verildiği görülmüştür.

NASA-TLX Yöntemi kullanılarak yapılan analizde bir çalışanın düşük seviyede iş yükü hissettiği sonucuna ulaşılırken, konjoint yöntemi ile yapılan analizde düşük seviyede iş yükü hisseden çalışan bulunmamaktadır. Her iki yöntemde de beş kişi orta düzeyde zihinsel iş yükü hissetmektedir. Konjoint analizinin uygulanması ile bir çalışanın düşük

düzeyden orta düzeye yükseldiği, orta düzeyde olan bir çalışanın ise yüksek düzeye yükseldiği görülmüştür. Bu çalışmada konjoint yöntemi ile oluşturulan kartlarda aynı anda altı faktörün birbirlerine göre karşılaştırmaları yapıldığından, karar vericilerin daha detaylı karşılaştırma yaptıkları düşünülmektedir.

Çalışanların zihinsel iş yüklerini azaltmak amacıyla, çalışanların yaptıkları işler dâhilinde çalışanların yetkilendirilmeleri, yapacakları işleri önceliklendirerek yapmaları, iş tanımlarının net ve kesin olarak birbirinden ayrılması gerektiği, kişisel ve mesleki eğitim konularına ağırlık vermeleri, sosyal etkinlikler ile iş dışında da eğlenceli aktivitelerin yapılması konularında önerilerde bulunulmuştur. Çalışma, zihinsel iş yükü ölçüm yöntemlerinden SWAT yöntemi dışında da kart sıralamanın NASA-TLX Yönteminde de anlamlı sonuçlar ortaya koyacağını vurgulamıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Gül, Öztürk D., Zihinsel İş Yükü ve Örgüt Sağlığı İlişkisi Üzerine Nitel Bir Çalışma: Araştırma Üniversiteleri Örneği, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Samsun, (2019).
- [2] Fenyvian, C.C., Uslianti, S., and Rahmahwati, R., Pengukuran Beban Kerja Mental Dan Tingkat Kelelahan Menggunakan Metode NASA-TLX Dan Sofi Pada Karyawan PT XYZ, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, (2020).
- [3] Rachmuddin, Y., Dewi D.S., and Dewi, R.S., Workload analysis using Modified Full Time Equivalent (MFTE) and NASA-TLX methods to optimize engineer headcount in the engineering services department, **IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering**, (2020).
- [4] Uzunlar, E., AR-GE Çalışanlarında Aşırı İş Yükü, Örgütsel Bağlılık Ve Dönüşümcü Liderlik Arasındaki İlişkiler, Yüksek Lisans tezi, Beykent Üniversitesi, İstanbul, (2020).
- [5] Ayuningtyas, W., Herwanto, D., and Putra, C.G.G., Work Fatigue Analysis in Machining and Fabrication Department with NASA-TLX and Subjective Self Rating Test, **Jurnal Ergonomi Indonesia**, 7, 2, (2021).
- [6] Asyidikiah, M.R., and Herwanto, D., Analisis Beban Kerja Mental Manajemen Divisi Engineering Menggunakan National Aeronautical and Space Administration - Task Load Index, **Serambi Engineering**, VII, 2, (2022).
- [7] Maulana, A., and Risal, M., The Effect of Work Motivation and Workload on Employee Performance in Regional Research and Development Agency, **Jurnal Mantik**, 5, 4, 2280-2285, (2022).
- [8] Bommer S. C., Fendley M., A theoretical framework for evaluating mental workload resources in human systems design for manufacturing operations, **International Journal of Industrial Ergonomics**, 63, 7-17, (2018).
- [9] Nino V., Claudio D., Monfort S. M., Evaluating the effect of perceived mental workload on work body postures, **International Journal of Industrial Ergonomics**, 93, 103399, (2023).
- [10] Nino V., Monfort S. M., Claudio D., Exploring the influence of individual factors on the perception of mental workload and body postures, **Ergonomics**, 67, 7, (2024).

- [11] Şeker, A., Using Outputs of NASA-TLX for Building a Mental Workload Expert System, **Gazi University Journal of Science GU J SCI** 27, 4,1131-1142, (2014).
- [12] Galy, E., Paxion, J., & Berthelon, C., Measuring mental workload with the NASA-TLX needs to examine each dimension rather than relying on the global score: an example with driving, **Ergonomics**, 61, 4, 517–527, (2017).
- [13] Tortorella, G.L., Prashar, A., Saurin, T.A., Fogliatto, F.S., Antony, J., Junior, G.C., Impact of Industry 4.0 adoption on workload demands in contact centers, **Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries**, 32, 5, 406-418, (2022).
- [14] Frank N., Le P., Mills E., Davis K.G., Micromovements and discomfort associated with flight mission with helmet operation tasks with different levels of cognitive workload, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 95, 103441, (2023).
- [15] Nam S., Karam M., Christelis C., Bhargav H., FelsD. I., Assessing subjective workload for live captioners, **Applied Ergonomics**, 113, 104094, (2023).
- [16] Atıcı, Ulusu, H., Gencer, M., Gündüz, T., Assessment of musculoskeletal disorders and mental workload among office workers in the automotive industry, **Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences**, 42, 5, 1519–1531, (2024).
- [17] Firmanda, A.R., Implementasi Subjective Workload Assesment Technique (Swat) Untuk Mengukur Beban Kerja Mental Karyawan Produksi Studi Kasus Di Ud. Nagawangı Alam Sejahtera – Singosari, Program Studi Teknik Industri S.1, Institut Teknologi Nasional Malang, (2018).
- [18] Maulad, R., Analisis Beban Kerja Mental Dengan Metode Subjective Workload Assessment Technique (Swat) Di Pt Xyz, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung, (2021).
- [19] Utama, F.R., Analisis Beban Kerja Karyawan dengan Menggunakan Metode Swat dan Metode NASA-TLX, **Scientifict Journal of Industrial Engineering**, 2, 2, (2021).
- [20] Hart, S.G., and Staveland, L.E., Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research, Aerospace Human Factors Research Division NASA-Ames Research Center - Moffett Field, (1988).
- [21] Turan, G., Otomobil Montaj Hattında Artırılmış Gerçeklik Gözlüğü Kullanımının Üretimde Verimlilik Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, (2019).
- [22] Yan, S., Wei, Y., Li, F., and Tran, C.C., Constructing a Model to Discriminate the Workload Level of Ship Interface Operators, **Journal of Marine Science and Engineering**, 10, 8, (2022).
- [23] Riono, Suparno, and Bandono, A., Analysis of Mental Workload With Integrating NASA-TLX and Fuzzy Method, **International Journal of ASRO**, 1, 1, 37-45, (2018).
- [24] Young, G., Zavelina, L., and Hooper, V., Assessment of Workload Using NASA Task Load Index in Perianesthesia Nursing. **Journal of PeriAnesthesia Nursing**, 23, 2, 102-110, (2008).
- [25] Zheng Y., Yin T., Dong D., and Fu S., Using NASA-TLX to evaluate the flight deck design in Design Phase of Aircraft, The 2nd International Symposium on Aircraft Airworthiness, (2011).

- [26] Wei Z., Zhuang D., Wanyan X., Liu C., and Zhuang H., A model for discrimination and prediction of mental workload of aircraft cockpit display interface, *Chinese Journal of Aeronautics*, 27, (2014).
- [27] Ozkan, A., Ozdevecioglu, M., Kayac, Y., ve Özşahin, Koç, F., Effects of mental workloads on depression–anger symptoms and interpersonal sensitivities of accounting professionals, *Revista de Contabilidad, Spanich Accounting Review*, 18, 2, 194-199, (2015).
- [28] Febrian, A., Imran, R.A., and Syahrullah, Y., Analisis Beban Kerja Mental Perkuliahan Daring Mahasiswa Teknik Industri Unsoed dengan Metode SWAT dan NASA-TLX, *Jurnal Teknik Industri*, 11, 2, 108-116, (2021).
- [29] Vasilouee, V., Karimi, A., Talebi, S.S., Evaluation The Relationship Between Mental Workload and Fatigue In Shahroud Bank Employees, *Occupational Hygiene and Health Promotion*, 6, 2, 208-219, (2022).
- [30] Çalımfidan, E., Döner Kanat Pilotları İçin Gece Uçuş Emniyetini Artırmaya Yönelik Bir Çalışma, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Ankara, (2015).
- [31] Luce, R.D. and Tukey, J.F., Simultaneous Conjoint Measurement: A New Type of Fundamental Measurement, *Journal of Mathematical Psychology*, 1, 1-27, (1964).
- [32] Rolfe, J., Bennett, J. and Louviere, J., Choice modelling and its potential application to tropical rainforest preservation, *Ecological Economics*, 35, 289–302, (2000).
- [33] Alriksson, S. and Öberg T., Conjoint Analysis A useful tool for assessing preferences for environmental issues, *Env Sci Pollut Res* 15, 2, 119, (2008).
- [34] Green, P.E., Srinivasan, V., Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook, *Journal of Consumer Research*, 5, 2, 103-123, (1978).
- [35] Durmaz, C., İstanbul’da Konut Arzında Yaşam Düzeyinin En Üst Düzeye Çıkarılmasına Katkısı Olabilecek Etkenlerin Konjoint Analizi İle Araştırılmasına Yönelik Bir Uygulama, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, (2022).
- [36] Acar, E., Sönmez, H., Konjoint Analizi ve Genç Kadın Tüketicilerin Hazır Giyim Mağaza Tercihlerini Etkileyen Unsurların İncelenmesi, *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3, 12, 278-295, (2015).
- [37] Yul, F.A., and Sat, Setiyawan, S.R., Analisis Beban Kerja Operator Paper Mesin #6 Pt. Indah Kiat Pulp And Paper Tbk Menggunakan Metode Cardiovascular Load (Cvl) Dan Subjective Workload Assessment Technique (Swat), *Surya Teknika* 8, 2, 302–309, (2021).
- [38] Googerdchian, F. Moheb, A. Emadi, R., and Asgari, M., Optimization of Pb(II) Ions Adsorption on Nanohydroxyapatite Adsorbents by Applying Taguchi Method, *Journal of Hazardous Materials*, 349, 186-194, (2018).
- [39] Antony, F., Taguchi or classical design of experiments: a perspective from a practitioner. CRISPI, Caledonian Business School, Glasgow, UK, (2014).
- [40] Usta, D., ve Çilingirtürk, A.M., Bitişme Analizi Faydalarının Genelleştirilmiş Tahmin Denklemleri İle Belirlenmesi. Marmara Üniversitesi İİBF, Ekonometri Bölümü *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi IJEAS*, (18. EYİ Özel Sayısı):11-22 ISSN 1307-9832, (2018).