

NÖROERGONOMİ ÇALIŞMALARINA YÖNELİK BİR LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Aylin ADEM^{1*}, Erman ÇAKIT², Metin DAĞDEVİREN³

¹Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-4820-6684>

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-0974-594>

³Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-2121-5978>

Anahtar Kelimeler	Öz
Ergonomi Nöroergonomi Literatür Araştırması	<i>Ergonomi konusu ilk kez gündeme geldiği zamanlarda günümüzde algılandığı şekli ile mental iş yükünün ve yorgunluğun dikkate alınması açısından biraz farklılık göstermektedir. Ergonomi bilimi çoğu araştırmacı için daha çok fiziksel iş çevresini dikkate alarak, verimlilik ile ilgili konular üzerinde yoğunlaşan bir bilim olarak görülmüştür. Ancak zaman içerisinde birçok bilim dalında olduğu gibi ergonomi biliminde de çağın ve teknolojinin getirdiği yenilikler ve ihtiyaçların da etkisi ile birtakım ilerlemeler, değişimler ve yenilenmeler söz konusu olmuştur. Mental yorgunluk ile mental iş yükünün ölçülmesi ve gerek üretim gerekse de hizmet sistemlerinde bu parametrelerin planlama ve iş süreçlerine dahil edilmesi konusunda çalışmalar son yıllarda nöroergonomi başlığı ile literatürde kendisine yer edinmiştir. Bu çalışmanın amacı literatüre yeni girmesine rağmen, akademik çevrelerden oldukça yoğun ilgi gören nöroergonomi konusunda yapılan çalışmaların incelenmesi, literatürün ilerlediği ve geldiği yerin belirlenmesi ile muhtemel çalışma alanlarının ortaya konulması şeklinde ifade edilebilir. Bu amacı gerçekleştirmek için literatürde yer alan nöroergonomi konusundaki ulusal ve uluslararası çalışmalar kapsamlı şekilde incelenmiş, konuyu ele alma biçimlerine, uygulama alanlarına, ölçüm yöntemlerine ve benzeri kriterlere göre sınıflandırılarak analiz edilmiştir.</i>

A LITERATURE REIVEW FOR NEUROERGONOMICS STUDIES

Keywords	Abstract
Ergonomics Neuroergonomics Literature Review	<i>The field of ergonomics differs between its current state that of when the topic appeared, in terms of considering mental workload and fatigue. Ergonomics, for most researchers, is seen as a science that generally considers the physical working environment and focuses on efficiency topics. However, over the years, like other sciences, ergonomics has experienced some changes, developments, and renewal thanks to technological progress and the requirements of the era. In recent years, studies on the measurement of the mental workload and the inclusion of these parameters in the planning and work processes of both production and service systems have been included in the literature under the heading of Neuroergonomics. The aim of this study is to examine the studies conducted on Neuroergonomics that, despite how new the field is, attracted great attention from the academic community and to determine the possible fields of neuroergonomic issues. In order to achieve these aims, national and international papers on neuroergonomics were analyzed in detail by classifying them by their way of handling the issue(s), application areas, measurement methods, and similar criteria.</i>
Derleme Makalesi	Review Article
Başvuru Tarihi : 15.11.2018	Submission Date : 15.11.2018
Kabul Tarihi : 09.01.2019	Accepted Date : 09.01.2019

1. Giriş

Ergonomi konusu ilk kez gündeme geldiği zamanlarda, mental iş yükünün ve yorgunluğun

dikkate alınması açısından günümüzde algılandığı şekliyle biraz farklılık göstermektedir. Önceleri ergonomi ile ilgili daha çok sadece fiziksel çalışma çevresinin dikkate alınması durumunu kapsayacak

* Sorumlu yazar; e-posta: aylinadem@gazi.edu.tr

şekilde bir algının olması, ergonomi biliminin çoğu araştırmacı için daha çok fiziksel iş çevresini dikkate alarak, verimlilik ile ilgili konular üzerinde yoğunlaşan bir bilim olarak görülmesine sebep olmuştur.

Ancak zaman içerisinde tıpkı diğer bilim dallarında olduğu gibi Ergonomi biliminde de çağın ve teknolojinin getirdiği yenilikler ve ihtiyaçların da etkisi ile birlikte birtakım ilerlemeler, değişimler ve yenilenmeler söz konusu olmuştur. Bu değişimlerin yaşanmasındaki temel sebep, kişinin sadece fiziksel ortamdaki etkilenen bir canlı olmaması, iş yerinde maruz kaldığı bir takım farklı etkenlerin onu psikolojik olarak etkilemesi ve bu etkinin kişinin iş verimi üzerinde olumsuz birtakım etkilerinin olduğunun anlaşılmasıdır.

Aynı zamanda insan-makine etkileşiminin zaman içerisinde artması, salt fiziksel iş yükünün yanı sıra bilişsel olarak da çalışanların iş yüküne maruz kalmaları da ergonomi biliminin evriminde önemli bir rol oynamıştır.

Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin birbirini karşılıklı olarak tetiklediği sanayi devrimi basamakları ergonomi biliminin pratikteki işleyişine farklılıklar katmıştır. Pratik yaşamdaki bu farklılıklar ergonomi literatürüne de kısa sürede etki etmiş ve mental yorgunluk ile mental iş yükünün ölçülmesi ve gerek üretim gerekse de hizmet sistemlerinde bu parametrelerin planlama ve iş süreçlerine dâhil edilmesi konusunda çalışmalar son yıllarda nöroergonomi başlığı ile literatürde kendisine yer edinmiştir. Nöroergonomi, kısaca; insan beyninin fiziksel veya zihinsel anlamda iş yaparken oluşan sinirsel aktivitelerini ölçerek iş sistemlerini güvenli, etkili ve kullanılabilir şekilde tasarlamayı amaçlayan bir bilim dalı olarak ifade edilebilir (Özkara, 2017).

Nöroergonominin iki temel hedefi bulunmaktadır: a) insan performansı ile ilgili var olan bilgiyi ve beyin fonksiyonlarını kullanarak iş ortamlarını daha güvenli ve daha etkili tasarlamak ve b) gerçek dünya işlerindeki insan performansı ile ilgili beyin fonksiyonlarını daha iyi anlayabilmek (Parasuruman, 2003).

Nöroloji ve ergonomi biliminin bütünleştirilmesiyle ortaya çıkan nöroergonomi bilimi, herhangi bir iş yapılırken insan beyninin görüntülenmesini ve iş esnasında oluşan beyin dalgalarının ölçülmesi sonucunda çalışanın mental yorgunluğuna ilişkin sayısal veriler sunabilmektedir (Mehta ve Parasuruman, 2013).

İş yükünün ölçülmesi ve değerlendirmesine ilişkin olarak ilgili literatürde birden fazla yöntem olmakla birlikte (Delice, 2016), bu yöntemlerin öznel

değerlendirmeler içermeleri, araştırma çevreleri tarafından yöntemlere bir takım olumsuz eleştiriler getirilmesine neden olmaktadır.

Ancak teknolojik ilerlemelerin de sağladığı katkılarla birlikte beyin görüntüleme tekniklerinde yaşanan gelişmeler ve nöroergonomi biliminin ortaya çıkması, iş yükü ölçümünde subjektif bir yaklaşımdan objektif bir yaklaşıma geçilmesine olanak sağlamıştır.

Nöroergonomik ölçüm yöntemleri temelde beyin görüntüleme tekniklerine dayalıdır. Bu sebeple çalışmanın başında literatürde yer alan birbirinden farklı beyin görüntüleme teknikleri hakkında da bilgi verilmesi uygun görülmüştür.

Literatürde sıkça kullanılan beyin görüntüleme teknikleri Elektroensefalografi (EEG), Pozitron Emisyon Tomografi (PET), Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI), Kızılötesine Yakın Spektroskopi Görüntüleme (fNIRs) teknikleridir (Özkara, 2017). Beyin görüntüleme tekniklerini birbirlerinden ayrılan özellikleri 2 temel başlıkta ele almak mümkündür: Zamansal Çözünürlük ve Mekânsal Çözünürlük. Zamansal ve Mekânsal çözünürlük ile ifade edilmek istenen durum, sırasıyla nörolojik faaliyetlerin gerçekleştiği zamana çok yakın bilgiler edinmek ve nörolojik faaliyetlerin beyinde gerçekleştiği bölgeyi doğru belirleyebilmek ile ilgili özellikleri ifade etmektedir. EEG tekniğinin zamansal çözünürlüğü diğer tekniklerden, fMRI tekniğinin ise mekânsal çözünürlüğü diğer tekniklerden daha iyi olabilmektedir (Özkara, 2017).

PET tekniği, nöronların metabolik faaliyetlerini izleyerek beynin hangi bölgelerinin çalıştığı hakkında bilgi vermektedir. fNIRs, dokulardaki oksijen hemoglobini ve deoksi-hemoglobini miktarını ve bunların konsantrasyonlarındaki yoğunlukları ölçerek beynin çalışmasına yönelik bilgi sağlayan bir yöntemdir (Bıyıklı ve Aydoğan, 2015). fMRI ise beyindeki kan akışının ölçülmesiyle, mental iş sırasında beyin hangi bölgesinin aktif olduğuna dair bilgi verebilmektedir. EEG ise nöronların aktiviteleri sırasında ortaya çıkan elektriksel aktiviteleri kafatası üzerinden ölçerek kullanıcıya beyin dalgaları ile ilgili vermektedir. Literatürde yer alan nöroergonomik yöntemlerin daha ayrıntılı açıklamaları ile ilgili bilgi edinmek isteyen araştırmacılar Mehta ve Parasuruman (2013)'nin çalışmasından faydalanabilirler.

Bu çalışmanın amacı ise literatüre yeni girmesine rağmen, akademik çevrelerden oldukça yoğun ilgi gören nöroergonomi konusunda yapılan ve zihinsel iş yükünün ölçülmesini ele alan çalışmaların incelenmesi, literatürün ilerlediği yönün ve geldiği yerin belirlenmesi ile muhtemel çalışma alanlarının

ortaya konulması şeklinde ifade edilebilir. Bu amaçları gerçekleştirmek için literatürde yer alan nöroergonomi konusundaki ulusal ve uluslararası çalışmalar kapsamlı şekilde incelenmiş, konuyu ele alma biçimlerine, uygulama alanlarına, ölçüm yöntemlerine ve benzeri kriterlere göre sınıflandırılarak analiz edilmiştir.

Bu çalışma izleyen şekilde yapılandırılmıştır: çalışmanın ikinci bölümünde yapılan literatür araştırması verilmiş, çalışmanın üçüncü bölümünde literatür araştırmasının sonuçları tartışılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde ise nöroergonominin literatürdeki gelecek yansımaları hakkında yorumlamalar yapılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Çalışmanın bu bölümünde yapılan literatür araştırması sonucunda incelenen çalışmaların ayrıntıya inilmeden genel tanıtımının yapılabilmesi amacıyla, çalışmalar ana hatları ile ifade edilmiştir. Bu noktadan hareketle, literatür araştırmasının ele aldığımız konuya uygun olan örnekleri kronolojik sıra ile verilmiştir.

Ele alınan ilk çalışma Berka vd. (2007)'nin çalışmasıdır. Araştırmacılar çalışmalarında nöroergonomik ölçümler ile deneklerin maruz kaldıkları iş yüklerinin hangi frekansların ölçümü ile ortaya koyulabileceğini bulmak istemişlerdir. 80 deneye zihinsel aritmetik işlemler yaptırarak alınan EEG ölçümleri ile kişilerin hissettikleri iş yükü ve gerçekten maruz kaldıkları iş yüklerinin karşılaştırması yapılmıştır. Araştırmacılar deneklerin aritmetik işlemleri yaparken maruz kaldıkları mental iş yükünü düşük ve yüksek olarak 2 grupta değerlendirmişlerdir.

İncelenen bir diğer çalışmada ise nöroergonomik yöntemlerin mental iş yükünün ölçülmesinde kullanılıp kullanılamayacağı ispat etmeye çalışılmıştır. Sitali vd. (2011) yılında yaptıkları çalışmada, kişilerin hipermedya ile etkileşimden kaynaklanan mental iş yükünün değerlendirilmesi konusunu ele almışlardır. 28 katılımcının e-ticaret internet sitesinde iki farklı arama görevi yaptıkları sırada ölçümleri alınmış ve ANOVA ile analiz edilmiştir. Elde edilen sonuç, nöroergonomik yaklaşımların bu tür internette arama gibi görsel işlemlerde meydana gelen mental iş yükünün ölçülmesinde kullanılabilir olduğudur.

Mehta ve Parasuruman (2014) yaptıkları çalışmada, fiziksel ve zihinsel yorgunluğun gelişiminin birbirleri üzerindeki etkilerinin araştırılması konusu üzerinde durmuşlardır. 12 genç katılımcının klasik el sıkma deneyleri esnasında EMG ve fNIRS ile ölçümleri

alınmış ve elde edilen değerler istatistiki birtakım işlemlerden geçirilmiştir. Çalışma nihayetinde kas ve nörolojik aktiviteler arasında direk ilişki bulunarak fiziksel ve zihinsel yorgunluğun gelişiminde birbirleri üzerinde etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Mehta ve Parasuruman (2014)'ın yaptıkları bu çalışmadan elde ettikleri sonuç ile pratik yaşamda kabul edilen bu gerçeğin, bilimsel temelde de ifade edilmesi ile birlikte, daha sonraki yıllarda yapılacak olan çalışmalara ışık tutmakta ve bu etkinin şiddetine ilişkin birtakım çalışmalar yapılmasına neden olabilecektir.

Giraudet vd. (2015) hava trafik kontrolü görevi için, iki farklı görsel bildirim tasarımına verilen tepkileri EEG ile ölçerek mental olarak, hangi gösterim biçiminin daha fazla kapasite istediği belirlemeye çalışmışlardır. 42 gönüllü ile laboratuvar ortamında 2 farklı hava trafik kontrolü görsel bildirim ekranı üzerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma nihayetinde elde edilen sonuç nöroergonomi bilimine etki açısından nöroergonomik ölçümlerin iş sistemleri tasarımında kullanılması ve çalışanların mental kapasitelerinin de iş sistemlerini ve ortamlarını tasarlarlarken göz önünde bulundurulmasının gerekliliğini ortaya koyması şeklinde yorumlanabilir.

Sitali vd. (2015) askeri pilotların helikopter uçuşlarındaki uçuş prosedürü karmaşıklığının gerçek zamanlı uçuşla sırasında aldıkları EEG ölçümleri ile ortaya koymayı amaçlamışlardır. Uçuş sırasında gerçekleştirilen işlemlerden hangilerinin daha fazla mental yorgunluğa sebep olduğunu belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar havalanma ve kalkış gibi işlerde yoğun EEG sinyalleri, uçuş egzersizi ve uçuş sırasında gerçekleştirilen klasik işlerde daha düşük EEG sinyalleri ölçüldüğünü belirtmişlerdir. Yapılan bu çalışma bir iş ortamındaki işlerin mental olarak sınıflandırılabilmesine ilişkin ipuçları vermektedir.

Causse vd. (2016) pilotların uçuş sırasında birçok bilgiyi birlikte değerlendirmeleri ve işitsel olarak sesler gibi rahatsız edicileri duymazdan gelmeleri gerektiğini belirterek, kelime bazında rahatsız edici seslerin pilotları nasıl etkilediğini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar EEG, göz bebeği çapı ölçümü gibi ölçümler olarak, ANOVA ile analizler gerçekleştirmişlerdir. 24 kişi ile gerçekleştirilen deneylerde normal pilotluk görevlerinin yanı sıra kişileri rahatsız edici kelimeler, yanlış alarmlar gibi uyarılarla iş hafızasının ne derece etkilendiği belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma, yine iş sistemlerinin tasarlanmasında, çalışanların dikkat gerektiren işleri yaparken, dış çevre uyarılarına verecekleri tepkiler ve etkilenme düzeylerinin belirlenmesi ile stratejik anlamda önemli işlerin

yapılacağı iş ortamlarının tasarlanmasında nöroergonomik yöntemlerin kullanılması ve bu yöntemler neticesinde elde edilecek bilgilerin tasarım aşamasında kullanılabilmesine işaret eden bir çalışmadır.

Aghajani vd. (2017), yaptıkları çalışmada 17 katılımcı ile bilgisayar ekranında n- geri görevini yaparlarken ki cevap verme süreleri ve beyin sinyallerine ilişkin ölçümleri toplamışlardır. İlgili çalışma kapsamında ölçümler ANOVA ile analiz edilmiştir. N-geri görevdeki n artıkça daha fazla çalışma hafızası gerektirmesi ve çalışma ilerledikçe kişinin mental olarak yorulacağı düşüncesinin ispatlanması için EEG ve fNIRS ölçümlerinin gösterdiği değişkenlikler izlenmiştir.

Borgetti vd. (2017) EEG ölçümlerinden operatörün iş yükünü tahmin etmek için istatistiksel makine öğrenme metotlarını kullanan bir yaklaşımın ortaya koyulması konusu üzerinde çalışmışlardır. Laboratuvar ortamında 6 katılımcıdan 16 kez veri toplanması yolu ile gerçekleştirilen çalışmada; klavye ve fare kullanım etkinliği ve EEG, göz izleme değerlerine ilişkin ölçümler alınmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak kesikli olay simülasyonu yaklaşımı ile iş yükü tahmin modeli geliştirilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmadan çıkarılabilecek sonuç ise zihinsel iş yükünün, Nöroergonomik ölçümlerle desteklenerek tahminlenmesinin mümkün olduğudur.

Liu vd. (2017) çalışmalarında bir deniz takımı üyeleri arasındaki mental iş yükünü ve stres seviyesini ölçerek hangi pozisyondaki takım üyesinin en yüksek seviyede iş yüküne maruz kaldığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Bir gemi kullanımı simülatöründe farklı görevleri olan takım üyelerinin görevlerini gerçekleştirirken maruz kaldıkları mental iş yükünü, EEG ile ölçerek, belirlenen 4 seviyeden hangisine girdiğini belirlemeye çalışmışlardır (hiç yok, minimum, orta ve yüksek). Sitasi vd. (2015) yaptıkları çalışmada bir iş yerindeki işlerin mental olarak sınıflandırılabilmesine yönelik ipuçları vermişti. Liu vd. (2017) ise, görevler bazında mental iş yükünü seviyeler ile ifade etmişlerdir.

Kosti vd. (2018) yazılım mühendislerinin 2 farklı ancak mental olarak birbiriyle ilişkili zihinsel işleri yaparken gerçekleşen beyin aktivitelerini giyilebilir EEG cihazları ile incelemeyi amaçlamışlardır. Çoklu regresyon modeli ile yazılımcının kodu anlamaya çalıştığı sırada yaşadığı güçlüğü tahmin etmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar C programlama dilini bilen 10 katılımcıya 20 kod örneğinde aralara serpilmiş hataları bulup ayıklarken yaşadıkları zorluğu ölçmek için giyilebilir EEG kullanımına dayalı bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Flumeri vd. (2018) yılında yaptıkları çalışmalarında, farklı yol ve trafik koşullarının sürücülerin iş yüklerine olan etkisini gözlemek için EEG ölçümlerine dayalı bir yöntem geliştirmişlerdir. 20 genç katılımcı ile gerçek sürüş deneyleri sırasında farklı trafik koşullarının katılımcıların mental iş yükleri üzerindeki etkisini göz izleme ve EEG ölçümlerine dayalı olarak geliştirdikleri mental iş yükü indeksi ile değerlendirmeye çalışmışlardır.

Bu çalışma kapsamına, nöroergonomik yöntemler ile ölçüm yapan ve bu ölçümlerin sonuçlarından kişilerin zihinsel iş yüklerine ilişkin değerler elde etmeye çalışan araştırmacıların yaptıkları çalışmalara değinilmiştir. Ancak ilgili literatürde, kişilerin karar vermeleri sırasında etkin olan dalgaların ölçülmesine yönelik (Causse vd., 2013); mental iş yükünü tahmin etmeye yönelik (Roy vd., 2013, Borgetti vd., 2017); nöroergonomik tekniklerin açıklanmasına yönelik (Mijovic, 2018; Mehta ve Parasuruman, 2014; Hancock ve Szalma, 2003) çalışmalar da bulunmaktadır.

3. Analiz

Bu bölümde literatür araştırması kısmında incelenen çalışmaların özetlenerek, birtakım tablolar yardımı ile okuyucuya daha hızlı bir bilgi sağlanması amaçlanmıştır.

İlgilendiğimiz alan olan nöroergonomik yöntemlerin mental iş yükünü ölçmesi ve değerlendirmesine ilişkin olarak gerçekleştirilen literatür araştırmasına yönelik aşağıda sayılan çıkarımları yapmak mümkündür:

- Genelde stratejik ve oldukça kritik görevleri gerçekleştiren çalışanların mental yorgunluklarının ölçülmesine dair çalışmalar literatürde oldukça yoğundur.
- Kişilerin mental yorgunluklarını yaptıkları görevler temelinde değerlendirerek, mental yorgunlukları seviyeler ile ifade edilmesine dair çalışmalar yoğundur.
- Kişilerden alınan ölçümlerin daha sonraki bazı durumlardaki mental yorgunluğu tespit etmek için istatistiksel yöntemler ve benzetim teknikleri ile bir takım tahminleme eşitliklerinin ortaya koyulmasını amaçlayan çalışmalar bulunmaktadır.
- Fiziksel ve zihinsel iş yükünün birbiri üzerinde yarattığı etkinin ve etki şiddetinin belirlenmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır.

- Yöntemlerin olumsuz yönlerini gidermek ile zamansal ve mekânsal çözünürlüğü bir arada sağlamak açılarından nöroergonomik tekniklerin birlikte kullanılmaları ile yapılan çalışmalar bulunmaktadır.

Tablo 1’de yazarların çalışmalarına ait özet bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışmaların Sınıflandırılması

YAZARLAR	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Parasuruman,2003						✓
Mehta ve Parasuruman,2013						✓
Bıyıklı ve Aydoğan, 2015				✓		✓
Berka vd.,2007	✓					
Sitasi vd., 2011			✓		✓	
Mehta ve suruman, 2014				✓		
Giraduet, 2015		✓				
Sitasi vd., 2015	✓				✓	
Roy vd., 2015				✓		
Causse vd., 2016		✓		✓		
Aghajani vd.,2017			✓	✓		
Borgetti vd., 2017				✓		
Liu vd., 2017						✓
Kosti vd., 2018	✓					

Tablonun üst sütununda A1 ve A6 arasında ifade edilen bilgiler şu şekilde ifade edilebilir:

A1: Mental iş yükünü seviyeler ile ifade edenler,

A2: İş yükünü tahmin etmeye yönelenler,

A3: İşlerin gerektirdiği mental kapasiteyi ortaya koyanlar,

A4: Laboratuvar ortamı,

A5: Gerçek iş çevresi

A6: Gözden geçirme çalışması

Tablo 2’de araştırmacıların kullandıkları yöntemlere ilişkin bilgi verilmiştir. Bu tabloda araştırmacıların ölçüm sırasında kullandıkları yöntemi tek başına mı, yoksa diğer yöntemlerle birlikte mi kullandıkları bilgisine erişilebilir.

Tablo 2. Yöntem Bilgisi

Yazarlar	Tek Yöntem	Entegre Yöntem
Berka vd.,2007	✓	
Mehta ve Parasuruman, 2014		✓ (fNIRS+EMG)
Giraduet, 2015	✓	
Sitasi vd., 2015	✓	
Causse vd., 2016	✓	
Aghajani vd.,2017		✓ (EEG+fNIRS)
Borgetti vd., 2017	✓	
Liu vd., 2017	✓	
Roy vd., 2015	✓	
Kosti vd., 2018	✓	

4. Tartışma

Bu çalışma kapsamında literatürde nöroergonomik yöntemler ile mental iş yüküne ilişkin değerlendirmeler yapan çalışmaların incelenmesi konusu ele alınmıştır. Literatürde bahsi geçen çalışmalar ayrıntılı incelendiğinde, teknolojinin gelişmesinin nöroergonomik ölçüm cihazlarında yaptığı iyileştirmeler ile birlikte, araştırmaların laboratuvar ortamından gerçek iş çevresine doğru kaydığı gözlenebilir. Özellikle giyilebilir, mobilize ölçüm cihazlarının geliştirilmesi, iş ortamlarında insan-makine etkileşimi veya diğer işlerden kaynaklanan zihinsel iş yükünün ölçülmesi ve değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Aynı zamanda, araştırmacıların tasarım aşamasında da yine mental yorgunluğu ve iş yükünü dikkate alacak şekilde çalışmalarını ilerlettiklerini söylemek mümkündür. Önümüzdeki yıllarda nöroergonomik ölçüm yöntemleri kullanılarak çalışanların zihinsel iş yüklerine ilişkin elde edilen verilerin, iş ortamlarının tasarlanmasından, kritik kararların verilmesine kadar birçok farklı alanda karşımıza çıkacağı kaçınılmaz bir gerçek olarak ortaya çıkmaktadır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Bıyıklı, Ö., Aydoğan, E. K., (2015). Nöroergonomi ve Temel Uygulama Alanları, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 3(3), ÖS: Ergonomi2015, 173-179.
- Aghajani, H., Garbey, M. and Omurtag, A. (2017). Measuring Mental Workload with EEG+fNIRS. *Frontiers in Human Neuroscience*. 11, 359.
- Borghetti, B. J., Giametta, J. J., Rusnock, C. F. (2017). Assessing Continuous Operator Workload With a Hybrid Scaffolded Neuroergonomic Modeling Approach. *Human Factors*. 59(1),134-146.
- Berka, C., Levendowski, D.J., Lumicao, M.N., Yau, A., Davis, G., Zivkovic, V.T., Olmstead, R.E., Tremoulet, P.D., and Craven, P.L. (2007). EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks. *Aviation Space Environmet Med*. 78(5), B231-44.
- Causse, M., Dehaisa, F., Péran, P., Sabatini, U., Pastorb, J. (2013). The effects of emotion on pilot decision-making: A neuroergonomic approach to aviation safety, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 33, 272-281.
- Causse, M., Peysakhovich, V. and Fabre, E. (2016). High Working Memory Load Impairs Language Processing during a Simulated Piloting Task: An ERP and Pupillometry Study, *Frontiers in Human Neuroscience*. 10, 240.
- Delice, E. K. (2016). Acil Servis Hekimlerinin Nasa-Rtlx Yöntemi İle Zihinsel İş Yüklerinin Değerlendirilmesi: Bir Uygulama Çalışması, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(3), 645-662.
- Di Stasi, L., Antolía, A., Geab, M., Cañas, J. (2011). A neuroergonomic approach to evaluating mental workload in hypermedia interactions, *International Journal of Industrial Ergonomics* 41 (3), 298-304.
- Di Stasi, L., Diaz-Piedra, C., Suárez, J., McCamy, M.B., Martinez-Conde, S., Roca-Dorda, J., Catena, A. (2015). Task complexity modulates pilot electroencephalographic activity during real flights. *Psychophysiology*. 52(7),951-956.
- Giraudet, L., Imbert, J. P., Bérenger, M., Tremblay, S., Causse, M. (2015). The neuroergonomic evaluation of human machine interface design in air traffic control using behavioral and EGG/ERP measures. *Behavioural Brain Research*, 1, 294, 246-253.
- Flumeri, G. Borghini, G., Aricò, P, Sciaraffa, N., Lanzi, P., Pozzi, S, Vignali, V., Lantieri, C., Bichicchi, A., Simone, A, and Babiloni, F. (2018). EEG-Based Mental Workload Neurometric to Evaluate the Impact of Different Traffic and Road Conditions in Real Driving Settings, *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, 1-18.
- Hancock, P. A., Szalma, J. I. (2003). The future of neuroergonomics, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4(1-2), 238-249.
- Kosti, M., Georgiadis, K., Adamos, D., Laskaris, N., Spinellis, N., Angelis, L. (2018). Towards an affordable brain computer interface for the assessment of programmers' mental workload, *International Journal of Human-Computer Studies*, 115, 52-66.
- Liu, Y., Subramaniam, S., Sourina, O., Hui, S., Liew, P., Krishnan, G., Konovessis, D., Ang, H. (2017). EEG-based Mental Workload and Stress Recognition of Crew Members in Maritime Virtual Simulator: A Case Study, *International Conference on Cyberworlds (CW)*.
- Mehta, R. K., Parasuraman, R. (2014). Effects of mental fatigue on the development of physical fatigue: a neuroergonomic approach, *Human factors*, 56 (4), 645-656.
- Mijović, P. (2018). Introduction To The Emerging Field Of Neuroergonomics-Promises And Challenges, *Irish Ergonomics Review*, 23-29.
- Özkara, B. Y., (2017). Nöropazarlamada Elektroensefalografi (EEG) Kullanımı Ekin Yayinevi, Bursa, 2017
- Mehta, R. K., Parasuraman, R. (2013). Effects of Mental Fatigue on the Development of Physical Fatigue A Neuroergonomic Approach, *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* 56(4).
- Roy, R. N., Bonnet, S., Charbonnier, S., Jallon, P., Campagne, A. (2015). A comparison of ERP spatial filtering methods for optimal mental workload estimation. Conference *Proceeding IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 7254-7.
- Parasuraman, R., (2003). Neuroergonomics: Research and practice. *Theoretical issues in ergonomics science*, 4 (1-2), 5-20.