

## NÖROERGONOMİ VE TEMEL UYGULAMA ALANLARI

Ömer BIYIKLI<sup>1\*</sup>, Emel Kızılkaya AYDOĞAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kara Harp Okulu, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

*Nöroergonomi*  
*Bilişsel Ergonomi*  
*İnsan-Makine Sistemi*  
*Nörobilim*  
*Beyin Görüntüleme*

### Özet

Ergonomi bilimi çalışanların sağlığının korunması ve iş verimliliğinin artırılması amacıyla yönelik olarak her geçen gün etki alanını genişleten multi-disipliner bir alandır. Teknolojinin sunduğu imkanlar bu etki alanını genişletmesine ve yeni çalışma alanlarının oluşmasına katkı sağlamaktadır. Günümüz dünyasında insanlar gelişen teknolojiler yardımıyla bedeni çalışmalarını oldukça azaltmışlardır. Ancak bunun yanında kullanılmak zorunda oldukları yeni cihazlar onlardan daha fazla bilişsel bir aktivite beklemektedirler. Ergonomi bilimi burada insan-makine sistemlerinin uyumu için bir alt dal olarak bilişsel ergonomi alt dalını bünyesinden çıkarmıştır. Bilişsel ergonomi temel olarak bir cihazın göstergeleriyle insanlara bir şey anlatması, insanın bunu algılaması, değerlendirmesi ve bir cevap oluşturarak bunu cihaz üzerindeki denetim elemanlarıyla cihaza aktarması, kısacası insanla makine arasında etkin bir iletişim sağlanmasını amaçlamaktadır. Peki bilişsel ergonomi alanındaki uygulamaların başarısını nasıl ölçeceğiz? Farklı tasarlanmış cihazlar ergonomiklik yönünden karşılaştırırken kullanılan geliştirilmiş prosedürler veya deneme-yanılma metotları haricinde başka yöntemler yok mudur? İşte burada yine teknoloji bize yepyeni bir alanı hediye etmiştir; Nöroergonomi. Bu alan insanın algılama, değerlendirme, karar verme ve uygulama (motor cevap oluşturma) gibi aktiviteleri esnasında beyindeki değişimlerin ölçülmesi suretiyle insan-makine sistemi arasındaki uyumun veya insanların belirli işlere uygunluğunun değerlendirilmesi faaliyetlerinde kullanılır. Bu çalışmada nöroergonomi konusunda kullanılan yöntemler ve literatürde yapılmış olan temel çalışmalar üzerinden nöroergonominin uygulama alanlarına değinilmiştir.

## NEUROERGONOMICS AND BASIC APPLICATIONS

### Keywords

*Neuroergonomics*  
*Cognitive Ergonomics*  
*Human-Machine System*  
*Neuroscience*  
*Brain Imaging*

### Abstract

Ergonomics science is a multi-disciplinary field growing every day to protect workers' health and improve work efficiency. Opportunities offered by the technology contribute to the formation of the new workspaces and expand its domain. In today's world people have significantly reduced their work with the help of emerging technologies. However, the devices of this emerging technology require much more cognitive activity. Thus ergonomics has brought the sub-branch of cognitive ergonomics to his own site for human-machine systems harmony. Cognitive ergonomics is basically aims to ensure effective communication between human and machine by improving device indicators, perception, evaluation and response to machine with control elements. So how do we measure the success of applications in the field of cognitive ergonomics? Are there different methods to compare the ergonomics aspect of devices other than existing methods? Right here, technology has offered us a new field: Neuroergonomics. This field of science evaluates the suitability of a person to a specific job and the harmony between man-machine systems by measuring the changes that occur in the brain during the activity of perception, assessment and decision making. This study addresses the application fields of neuroergonomics on the basis of studies and methods used in the literature.

## 1. Giriş

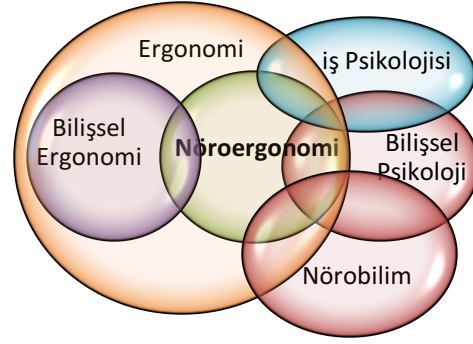
Bilim dünyasının geçmişte ve günümüzde en çok ilgisini çeken, hakkında binlerce kitap yazılan, konusunda sayısız bilim adamının yetiştiği, kendisi hakkında günlerce konuşabilecek bilim adamlarının bile bilinmesi gerekenin çok azını bildiklerini ifade ettikleri şey beyindir. İnsanoğlu beynin çalışmasını, problemleri nasıl çözümlenebildiğini, görmeyi, duymayı, dokunmayı, geleceği planlamayı dahası bilinçli düşünmeyi nasıl sağlayabildiğini kısacası hayvanlarla arasındaki farkı oluşturan bu organı hep merak etmiştir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler beyni daha iyi anlamamızı sağlamaktadır.

Beyin hakkında yapılan çalışmalar birçok hastalığın anlaşılması ve tedavisinde kullanılmaktadır. Bunun yanında söz konusu çalışmalar diğer bilim dallarını da önemli derecede etkilemektedir. İnsanların davranışlarını anlama adına psikolojiye, Yapay sinir ağları ile matematik ve mühendislik alanlarına katkıları olmuştur. Beyinle ilgili çalışmaların etkilemiş olduğu alanlardan birisi de ergonomidir. Son yıllarda özellikle medikal mühendisliğin katkılarıyla beyin görüntüleme alanında yaşanan gelişmeler ergonomi disiplinini etkilemektedir. Ancak kabul edilmelidir ki beyin konusunda her gün yeni gelişmeler yaşanmakta, yeni şeyler keşfedilmektedir. Ve bu söz konusu gelişmelerin diğer bilimlere yansması da belirli bir süre almaktadır.

Ergonomi çok disiplinli bir alandır. İlgili olduğu alanların içerisinde Anatomi, fizyoloji, hijyen, beslenme gibi sağlık bilimleri alanları, kontrüksiyon, takım tezgahları, imal usulleri gibi mühendislik bilimleri veya pedagoji, psikoloji, sosyoloji, iktisat, hukuk gibi sosyal bilim alanları sayılabilir. (Babalık, 2011) Elbette bilim her gün yeni gelişmeler yaşamaktadır ve de ergonomi alanı da bu doğrultu da gelişmeler göstermektedir. Ergonomiye son dönemde en önemli katkılar nörobilim yani sinir sisteminde ve özellikle beyin konusunda yapılan çalışmalardan gelmektedir. Bunun iki sebebi olduğunu söyleyebiliriz. Bunlardan ilki; günümüzde emek yoğun işlerin gittikçe azalması ve teknoloji-yoğun olan bilişselliklerin daha çok kullanıldığı işlerin artmasıdır. Bir diğeri ise nörobilim alanında yaşanan gelişmeler, non-invaziv yani hasarsız beyin görüntüleme yöntemlerinin gelişmesi sayılabilir.

Ergonominin nörobilimle ilgili olan alanına literatürde nöroergonomi denmektedir.

Nöroergonomi sadece nöral bilimlerle ilişkili olmayıp şekil-1 ile verilen bir ilişki içerisinde.



Şekil 1. Nöroergonominin Diğer Disiplinlerle ilişkisi

Nöroergonominin diğer bilimlerle ilişkisi şöyle açıklanabilir;

### 1.1. Ergonomi alt dalı olarak nöroergonomi

Ergonomi insanın yapısal, fizyolojik ve psikolojik özelliklerini inceleyerek insanın makine ve çevre ile olan uyumunu doğal ve teknik olarak araştırma ve geliştirme çalışmaları topluluğudur. İnsanlar her gün ürünler, ekipmanlar, fabrika, işyeri, çeşitli prosedürler ve çevre ile ilişki içerisinde oldukları ve bunlar insanları etkilemektedir. İnsanlar bunların tasarımlarının kendi limitleri ve ihtiyaçları doğrultusunda nasıl olması gerektiğini araştırırlar. (Sanders ve McCormick,1987) Bunda iki amaç vardır; İnsancılık ve ekonomiklik. İnsancılık; Yapılan işten doğabilecek hastalık ve kazaları ortadan kaldırmak veya en azından azaltmak, iş görene yeteneğinin ne çok altında ne de çok üstünde iş yükü yüklememek, iş yaparken huzurlu olmayı sağlamak, sosyal ve hukuksal kurallara uyumlu olmak gibi amaçları kapsar. Ekonomiklik ise iş gören ve iş aracı arasındaki işlevsel ilişkinin doğru düzenlenmesi, iş sistemlerinde verim artırıcı önlemlerin alınması, iş görenin en verimli olduğu işte çalıştırılması gibi amaçları kapsar(Babalık, 2011). Nöroergonomi konusunda yapılan çalışmalar bahsi geçen bu iki amaca hizmet etmektedir. Bir sonraki bölümde yapılan çalışmalar anlatılacağından burada kısaca şunu söyleyebiliriz; Nöroergonomi insancılık amacına yönelik insanın bilişsel sınırları nelerdir, işgörenin mental iş yükünü oluşturan etmenler nelerdir, bu mental yük nasıl azaltılabilir, ürün tasarımlarında, ara yüzlerde işgörenin makine ile etkileşiminde etkinlik nasıl sağlanır, iş görenin hataları nasıl azaltılabilir gibi soruların cevabını arar. Ekonomiklik amacı açısından nöroergonomi bir iş, makine veya çalışma ortamı hangi bilişsel özellikleri sergilemektedir, bu işin veriminin artırılması için bu bilişsel özelliklere uygun personel nasıl seçilebilir veya bir personelin bilişsel özellikleri yönünden çalışabileceği işler nelerdir gibi sorulara cevap aramaktadır. Dikkat edilirse nöroergonomi ilgi alanı itibarıyla bilişsel ergonomi ile yakından ilişkilidir.

Bilişsel ergonominin amacı işgörenlerin çeşitli iş ve çevre koşullarına ilişkin bedensel eğilimlerini, kabiliyetlerini, özelliklerini, sınırlılıklarını, araştırmak, elde ettiği bulgular, çıkarımlar ve tasarım ilkeleri ile daha verimli ve daha az hata ile çalışabilecek insan-makine sistemleri kurmaktır. (Long,1989) Görüldüğü gibi nöroergonomi de insanların eğilimleri ve özelliklerini saptayarak etkin insan-makin sistemleri tasarlamaya çalışmaktadır, ancak bunu yaparken beyni, zihni anlamaya çalışmaktadır ve ölçümlerini beyin üzerinden yapmaktadır. Bilişsel ergonomi de geliştirilen yöntemler de sübjektiflik olabilmek te ancak nöroergonomi deneysel yöntemler kullandığından daha objektif sonuçlar elde edilmektedir.

### 1.2. Nöroergonomi- Nörobilim ilişkisi

Nörobilim sinir sisteminin anatomisi, fizyolojisi, biyokimyası veya moleküler biyolojisi alanlarında faaliyet gösteren, özellikle sinir sisteminin davranış ve öğrenme ile ilişkisini inceleyen bilim dalıdır. Biyolojinin beyin ve merkezi sinir sistemi ile ilgilenen alt dalıdır. Nöroergonomi de sinir sisteminin en önemli ögesi olan beyin konusunda çalışmakta ve nörobilimin sağladığı imkanları, elde ettiği bilgileri iş yaşamına geçirmeye çalışmaktadır.

### 1.3. Nöroergonomi- Bilişsel psikoloji

Bilişsel psikoloji, algılama, duygu, bellek, kodlama, çalışma belleği, dikkat, yürütücü işlemler, karar verme, problem çözme, muhakeme, motor algı ve zihinsel uyarım ve dil gibi zihinsel süreçlerin en geniş anlamda incelenmesidir (Smith ve Kosslyn, 2013). Yani bilişsel psikologlar insanların bilgiyi anlama, saklama ve bilincine geri getirmeleriyle ilgilenirler. Nöroergonomi ile uğraşan bilim adamları da çalışma esnasında karar verme, değerlendirme, zamansal sıralama, algılama, dikkat ve bunlara ilişkin bireysel farklılıklar konusunda çalışmaktadırlar. Nöroergonomilerin bilişsel psikologlardan en büyük farkı beyin üzerinde yoğunlaşmalarıdır. Ancak psikologlar daha çok stres, duygu ve dıştan gelen etkenlerin sinir sistemi ve diğer otonom sistemleri nasıl etkilediği gibi konularda çalışırlar. (Parasuraman, 2003)

### İş (Çalışma) Psikolojisi- Nöroergonomi ilişkisi

Çalışma Psikolojisi; çalışma yaşamında psikik sorunlara yol açan alanları inceleyen, sorunların nedenleri ve çok yönlü etkileri ile çözüm yollarını araştıran, çalışma yaşamı ve çalışan insan arasında sağlıklı ve verimli bir uyum sağlamayı amaçlayan, bu yönde bilgi üretimi için çaba gösteren bir bilim dalı olarak tanımlanabilir (Tınar, 1996). Bu tanımdan hareketle nöroergonomi ile ilişkili olduğu açıktır.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Nöroergonomik çalışmaların başlangıcı beynin kısmen de olsa anlaşılmasına başlanması ve beyin görüntüleme yöntemlerinin gelişmesidir. Beyin görüntüleme yöntemleri ile beyin kısmen de olsa anlaşılmasından nöroergonomi konusunda çalışma yürütülebilmesi mümkün değildir. Bu nedenle önce beyin görüntüleme yöntemleri, avantajları ve dezavantajlarından bahsedilecek sonrasında nöroergonomi konusunda yapılan çalışmalar ele alınacaktır.

### 2.1.Beyin Görüntüleme Yöntemleri

Nöroergonomik çalışmaların son dönemde ilerleme kaydetmesini sağlayan nedenlerden birinin nörobilim alanında, medikal mühendislik konusunda yaşanan gelişmeler olduğunu belirtmiştik. Nöroergonomi de önemli olan beynin anlık görüntüsünün alınması değil çalışma esnasında beynin izlenmesidir. Beyin görüntüleme yöntemleri ni a) yapısal, b) işlevsel c) metabolik olmak üzere üç ana grupta sınıflandırmak mümkündür. Birçok yayında işlevsel ve metabolik görüntüleme yöntemleri bir arada ele alınmışlarsa da, özellikle metabolik yöntemdeki hızlı gelişmeler ve bu yöntemle psikiyatride elde edilen sonuçların önemi, metabolik yöntemin ayrı bir grupta sınıflandırılmasının uygun olacağını göstermektedir. Nöroergonomi bireyin çalışması, faaliyeti esnasındaki durumlarla ilgilendiği için işlevsel görüntüleme yöntemlerinden bahsedilecektir. (Beynin hangi bölümlerinin hangi işlemleri yürüttüğü, nöroergonominin beynin hangi bölümleriyle çalıştığı, sinir sisteminin genel yapısı gibi hususlar da bu alanda çalışacak uzmanların bilmesi gerekenlerdendir. Bu çalışma da bu konulara değinilmemiştir.)

#### 2.1.1. Pozitron Yayılım Tomografisi (PET)

Yarı ömrü kısa (ör. 2 dakika) bir radyo izotobun (oksijen-15) dokuya enjekte edilmesi ve sonrasında bu dokudan yayılan gamma ışınlarının ölçülmesi esasına göre çalışır. Şeker çok benzeyen bir maddenin (2-deoxyglucose ) kullanılması hangi beyin bölgelerinin daha çok şeker tüketimi olduğunu bize gösterebilir. Hem sağlıklı hem de klinik örnekleme kullanılabilir. PET, çözünürlüğü yüksek, pahalı ve yüksek teknoloji gerektiren bir yöntemdir.

Özellikleri Şunlardır;

- Hem sağlıklı hem de klinik örnekleme kullanılabilir,
- Görece yüksek uzaysal çözünürlük sağlar,
- İşlev ve beyindeki sorumlu alanla ilişkilendirebilme,
- 3 Boyutlu görüntü,

- Girişimsel (İnvaziv) (Olumsuz)
- Düşük zamansal çözünürlük (dakika) (Olumsuz)
- Çocuk ve hamilelerde kullanılmamalı (Olumsuz)
- Pahalı (Olumsuz)
- Harekete duyarlı
- Görelî nöral aktivite ölçümü (Çıkarma işlemi),
- Zamansal çözülümü kötü, (Olumsuz)
- Uzaysal çözülümü göreceli olarak iyi,
- Radyasyona maruz kalma (Olumsuz).



Şekil 2. PET Cihazı

### 2.1.2. İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI)

fMRI kan oksijenizasyonuna bağımlı bir görüntüleme yöntemidir (BOLD-Blood Oxygen Level Depended). BOLD kandaki oksijenlenmiş hemoglobinin, oksijenlenmemiş hemoglobine oranına duyarlıdır. Sinirsel faaliyetin olduğu bölgelerde bu oran oksijenlenmiş kan kullanımının artmasına bağlı olarak değişmektedir. Çok hızlı bir tarama ile bu uyarı değişiklikleri kaydedilmekte ve anatomik yapı üzerinde yüksek çözünürlükte haritalanarak yerleştirilmektedir. Ayrıca bir çok farklı kişiden elde edilen veriler de standartların belirlenmesi için birleştirilerek bir ortalama görüntü değeri elde edilebilmektedir.

fMRI, PET'e göre daha yüksek çözünürlüğe sahiptir. Böylece, işlevsel özellikler bireyin beyindeki gerçek konumlarına göre haritalandırılabilir. Diğer tomografi tekniklerine göre daha fazla zamansal ayrışım sağlar. İnvazif olmaması önemli bir avantajdır. Damar içi enjeksiyon ya da infüzyonlara gerek yoktur ve ayrıca radyoaktif maddelere maruz kalınmaması elde edilecek görüntülerin sayısının sınırlandırılmasını sağlar (Andreasen 1994, David ve ark.1994).

Özellikleri Şunlardır;

- Uzaysal çözülümü iyi
- Zamansal çözülümü görece iyi (2 saniye)
- Hem sağlıklı hem de klinik örnekleme

- İşlev ile beyindeki sorumlu alanı ilişkilendirebilme
- 3 Boyutlu görüntü
- Katılımcı hareketsiz kalmalı (Olumsuz)
- Soğuk (Olumsuz)
- Gürültülü (Olumsuz)
- Görece ucuz (PET'ten)
- Görevlerin öğretilmesi gerekmekte
- Kapalı alan korkusu olanlarda problematic (Olumsuz)
- Ferromagnetik objeler tehlike oluşturmakta (Olumsuz)
- Büyük boşluklara yakın alanlarda görüntüde netlik kaybı (Olumsuz).



Şekil 3. fMRI Cihazı

### 2.1.3. Kızılötesine Yakın Spektroskopi Görüntüleme (fNIR)

Beyni çalışırken görüntüleme sırasında yaptığımız beyni doğrudan görmek değil, metabolik değişiklikleri saptayarak hangi bölgelerin ne şekilde çalıştığını incelemektir

Bir doku "çalıştığında" dokunun enerji gereksinimi artar. Dokuya glikoz ve oksijen sağlanması için dokudaki kan hacmi ve özellikle oksijen taşıyan hemoglobin miktarı da artar. Yani dokunun çalışması oksijen taşıyan hemoglobin (oksi-hemoglobin) miktarında artışa, karbondioksit taşıyan hemoglobin (deoksi-hemoglobin) miktarında görece bir azalmaya yol açar. Bu nedenle hemoglobin konsantrasyonundaki değişiklikler beyin çalışmasının önemli bir göstergesidir.

Kişi dikkat, bellek, sosyal etkileşim, konuşma gibi yüksek kortikal işlevler gerektiren bir görevi gerçekleştirirken beyni sık aralıklarla izleyerek hemoglobin konsantrasyonundaki değişiklikleri ölçersek, bu etkinlik sırasında beynin hangi bölgelerinin çalıştığını, nasıl bir çalışma ağının oluştuğunu ve ağına çalışma dizgesini belirleyebiliriz. NIRS yönteminde kullanılan kızılötesine yakın ışıkların çok önemli bir özelliği oksijen-hemoglobin tarafından emiliminin, deoksi-hemoglobin tarafından emilimi-ne göre daha fazla olmasıdır. NIRS yöntemi



işte bu farka dayanır: Dokudaki oksijen-hemoglobinin ve deoksi-hemoglobinin miktarını, bunların konsantrasyonlarındaki değişimi ölçerek beyni çalışırken görüntüler. NIRS yönteminde kullanılan çok gelişkin sistemlerin ölçme, hesaplama ve görüntüleme olmadan oluşan bir işlem çevrimini gerçekleştirmesi yalnızca 0,1 saniye aldığından, bu sistem beyin etkinliğinin “gerçek zamanlı” ölçümünü sağlar.



Şekil 4. fNIR Cihazı

Bu sistemin diğer beyin görüntüleme yöntemlerine göre birkaç üstünlüğü vardır. Özellikleri şunlardır;

- Kullanılan ışık radyoaktif değildir, zarar vermez.
- Kişiye çok az kısıtlama getirir. Örneğin otururken, yürürken, hareket ederken, konuşurken kayıt alınabilir. Böylece kayıt sırasında hareketsiz olmayı gerektirmez ve göre daha doğal koşullarda ölçüm yapılır.
- Ölçüm sırasında görsel, işitsel her tür uyaran kullanılabilir; bilgisayar testleri, kâğıt-kalem testleri, hatta sportif testler bile uygulanabilir.
- Kişide kalp pili ya da herhangi bir protez bulunmasının sakıncası yoktur.
- fMRI gibi eş zamanlı ölçüm yapma olanağı sunar.
- Sistemin tasarımı, boylamasına yapılan çalışmaları ve uzun süreler boyunca izleme yapmayı kolaylaştırır.
- Uzun süreli görevlerde saatlere varan ölçümler almak mümkündür.
- En önemli dezavantajı ise derin beyin dokularını görüntüleyememesi, yalnızca korteks görüntülemesi yapabilesidir (Olumsuz) (Çiçek ve ar., 2012).

## 2.2. Nöroergonomi konusunda yapılan çalışmalar ve temel alanlar

Nöroergonomi, ergonomi alanının en genç üyesidir. Uygulayıcılar tarafından nöro-bilim, bilişsel psikoloji

ve ergonomi/bilişsel ergonomi alanlarında üst seviye bilgi istemesi ve görüntüleme cihazlarına ihtiyaç duyması nedeniyle yapılan çalışmaların çalışma sahasına yansıdığını söylemek biraz güçtür. Ergonomi alanında faaliyet gösteren bir derginin NIR'in ergonomi konusunda uygulamalarına ilişkin çıkarmış olduğu özel sayıda orijinal ergonomi uygulamaların azlığı belirtilmiştir. (Bhambhani, 2010)

Nöroergonominin temel amacı insanın bilişsel sınırlılıklarını, yetersizliklerini belirleyerek hataya kapalı, insan-makine etkileşimi verimli sistemler kurmaktır. Yapılan çalışmalarda bu amaç etrafında şekillenmektedir.

Nöroergonominin temel uygulama alanları içerisinde şunları sayabiliriz.

### 2.2.1. Beyin Çalışma- Mental İş Yükü

Günlük hayatta insanların üzerinde çalışmanın zorluğuna paralel şekilde yükler oluşmaktadır. Ağır yükler taşıyan bir hamalın üzerindeki fiziksel yüke mukabil, Havaalanında aynı zamanda birçok uçağı gözlemlemek ve gerekli iniş-kalkış koordinasyonunu sağlamak zorunda kalan kule operatöründe zihinsel yük oluşmaktadır. Günümüzde emek yoğun işlerin yerini bilgi yoğun işlerin alması zihinsel yükler sebeptir. Peki zihinsel iş yükü nasıl hesaplanabilir? Zihinsel faaliyetler beyinde olduğundan beynin ölçülmesinin gerekliliği tartışmak gereksizdir. Beynin çalışmasına ilişkin bugün birçok yol-yöntem geliştirilmiştir ancak bunların temeli Roy ve Sherrington'ın 1800'lü yılların sonunda yaptığı çalışmaya dayanmaktadır. (Roy and Sherrington 1890). O çalışmada sinir hücrelerinin arasındaki elektriksel aktivitelerdeki artışla birlikte beyin bölgesel yerlerinde kanlanmanın arttığı tespitini yapmıştır. Bu şunu göstermektedir mental aktivite de artış meydana geldiğinde o aktiviteyi beyinde yöneten bölgelerde kanlanma meydana gelmektedir. Beyin görüntüleme cihazları tamamen bu ilke çerçevesinde çalışmaktadır.

Bu konuda yapılan çalışmalar maalesef çok kısıtlıdır. PET ve fMRI cihazlarının büyük ve hantal oluşları ile portatif olmamaları ciddi sınırlamalardır. Ancak buna rağmen Peres vd. (2000) fMRI cihazı ile pilotlar üzerinde uçuş kontrol görevi esnasında beyindeki kanlanmaları ölçmüştür. Bu söz konusu cihazlara göre uzaysal çözünürlüğü kötü olan TCD (transcranial Doppler sonography) cihazı ile de beyin korteksinde mental iş yükü ölçümü amacıyla kanlanma ölçülmüştür. (Hitchcock vd., 2003) Son dönemde optik görüntüleme yöntemlerinde yaşanan gelişmeler neticesinde zihinsel iş yükü konusunda çalışmalar ortaya çıkmaktadır. Ayaz ve arkadaşları farklı tecrübe seviyelerine sahip Havaalanı kule

operatörleri üzerinde yaptıkları çalışmalarda uzmanlık seviyesi yüksek personelin daha az zihinsel yüke maruz kaldıklarını bulmuşlardır. (Ayaz vd., 2012)

### 2.2.2. İnsan Hataları

İnsan hatalarının önceden tahmini nöroergonomi alanı açısından verimli olmaya aday bir alandır. Bilişsel uzmanlar ve ergonomistler insan-makine sistemlerindeki insan hatlarının açıklanması, tanımlanması ve sınıflandırılması için farklı birçok yöntem ortaya koymuşlardır. (Norman and Shallice 1986, Reason 1990, Senders and Moray 1991).

İnsanların hata yaptıkları anda elektromiyografi ile alınan ölçümlerde kafa derisi üzerinde sinyallerin ~100–150 ms sonrasında pik yapması, ancak doğru cevaplarda bu sinyallere rastlanmadığı tespit edilmiştir. (Gerhring vd., 1993) İnsanların hata yapmadan önce beyin fonksiyonlarında ne tür değişimler oluyor, bunları tespit edebilir ve sınıflandırabilirsek, beyin görüntüleme cihazlarının daha portatif ve kullanılabilir olmasıyla özellikle ölümcül kazaların önüne geçilebilmesi mümkün olacaktır.

### 2.2.3. Adaptif Otomasyon

Günümüzde insanlar gerek verimlilik gerekse daha az hata için otomasyon sistemlerini geliştirmişlerdir. (Parasuraman ve Mouloua 1996).

Ancak otomasyonlarda her şeyi önceden planlamak, her duruma uygun, tüm hatalara kapalı bir otomasyon sistemi yapmak her zaman mümkün olmayabilir. Adaptif otomasyon sistemlerinde operatörle otomasyon sistemi arasında bir iş bölümü vardır ancak bu statik değildir. Yani dinamiktir ve duruma göre uyarlanabilir. % 100 insan kontrolü ve statik otomasyon ile adaptif otomasyon karşılaştırıldığında, adaptif otomasyon kullanırken, operatörlerin daha yüksek güven ve özgüven yanı sıra daha düşük algılanan iş yükü gösterdikleri tespit edilmiştir. (De Visser ve Parasuraman, 2011) Çünkü otomasyon sistemlerinde operatörler sürekli sistemi izlemek zorundadırlar ve sürekli dikkat zihinsel yükü arttırmaktadır.

Bu bahsi geçen alanlar haricinde literatürde nöroergonomi ile ilgili alanlar içerisinde beyin-bilgisayar ara yüzleri, sanal gerçeklik, Nörobilişsel engellilere yönelik uygulamalar ve sürüş güvenliği gibi konularda sayılmakta ve uygulamaları gerçekleştirilmektedir.

## 3. Sonuç ve Tartışma

Nöroergonomi, ergonomi alanının en genç ve gelecek vadeden alanıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar

nörobilim ve beyin görüntüleme konusunda meydana gelen gelişmeler paralelinde ilerleme göstermektedir. Gelecekte insanların bugünkünden daha fazla zihinlerini kullanacaklarını tahmin etmek güç değildir. Bu nedenle insanlarla makineler/bilgisayarlar arasında etkin, sorunsuz bir etkileşimin sağlanması ancak bu konuda elde edilecek somut uygulama çalışmalarıyla sağlanacaktır. Nöroergonomi konusunda Dünyada meydana gelen gelişmelerin takip edilmesi ve ülkemiz içerisinde geliştirilecek ve dünyaya ihraç edilecek ileri teknoloji ürünlerin katma değerinin artırılması ancak bu tür çalışmalarda ilerleme kaydedilmesi ile sağlanacaktır.

## 5 Çıkar Çatışması. / Conflict of Interest

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

## 6. Kaynaklar

Andreasen NC. Neuroimaging. Teaching and Learning About Schizophrenia. WPA, 1994:10-19.

Ayaz, H., Shewokis, P. A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B., & Onaral, B. (2012). Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *Neuroimage*, 59(1), 36-47.

Babalık, F. C. ,2011. Mühendisler için ergonomi: işbilim. Dora Yayınları.

Bhambhani, Y. (2010). Application of near-infrared spectroscopy (NIRS) in ergonomics and exercise. *International journal of industrial ergonomics*, 40(2), 228-229.)

Çicek M, Kalaycıoğlu C, Özgüven HD. ,2012. Beyni çalışırken görmek. *Bilim ve Teknik*; 530:44-47.

David A, Blamire A, Breiter H. Functional MRI, a new technique with implications for psychology and psychiatry. *British Journal of Psychiatry*. 1994; 164:2-7)

de Visser, E. and Parasuraman, R. (2011). Adaptive aiding of human-robot teaming effects of imperfect automation on performance, trust, and workload. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 5(2), 209-231.

Gehring,W.J., Goss, B., Coles, M. G. H.,Meyer,D. E. and Donchin, E. 1993, A neural system for error detection and compensation, *Psychological Science*, 4, 385–390.

Hitchcock, E.M., Warm, J. S., Matthews, G., Dember,W. N., Shear, P. K., Tripp, L. D., Mayleben, D. W., Rosa, R. R. and Parasuraman, R. 2003, Automation cueing modulates cerebral blood flow and

- vigilance in a simulated air traffic control task, *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4, 89–112.
- Long, J. ,1989. *Cognitive ergonomics and human-computer interaction* (Vol. 1). Cambridge University Press.)
- Norman, D. A. and Shallice, T. 1986, *Attention to action: willed and automatic control of behavior*, in R. J. Davidson, G. E. Schwartz and D. Shapiro (eds), *Consciousness and Self-Regulation* (New York: Plenum Press), 1-18.
- Parasuraman, R.,Mouloua,M. and Hilburn, B. 1999, *Adaptive aiding and adaptive taskallocation enhance human-machine interaction*, in M. Scerbo and M. Mouloua (eds),*Automation Technology and Human Performance: Current Research and Trends*(Mahwah, NJ: Erlbaum), 119–123.
- Parasuraman, R., 2003. *Neuroergonomics: Research and practice. Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 4(1-2), 5-20.)
- Peres, M., Van De Moortele, P. F. and Pierard, C. 2000, *Functional magnetic resonance imaging of mental strategy in a simulated aviation performance task*, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 71, 1218–1231.
- Roy, C. S. and Sherrington, C. S. 1890, *On the regulation of the blood supply of the brain*, *Journal of Physiology* (London), 11, 85–108.
- Reason, J. 1990, *Human Error* (New York: Oxford University Press).
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J., 1987. *Human factors in engineering and design* . McGRAW-HILL book company.)
- Senders, J. W. and Moray, N. 1991, *Human Error: Cause, Prediction, Reduction* (Hillsdale, NJ: Erlbaum).
- Smith, E. E., & Kosslyn, S. M.,2013 . *Cognitive Psychology: Pearson New International Edition: Mind and Brain*. Pearson Higher Ed.)
- Tınar, M.Y. , 1996, *Çalışma Psikolojisi*, İzmir.