



BİLİŞSEL İŞYÜKÜNÜ BELİRLEMEK İÇİN YENİ BİR MODEL

Serap ULUSAM SEÇKİNER*, Nevcihan TORAMAN

Gaziantep Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Zihinsel İşyükü,
Bilişsel işyükü,
İşyükü ölçüm.*

Özet

Bilgi çağı teknolojilerinin yaygınlaşması ile nitelikli emeğe duyulan gereksinim gün geçtikçe artmakta, yapılan işin özellikleri fiziksel boyuttan bilişsel boyuta doğru değişmektedir. Bilişsel ağırlıklı işler için kapsamlı analiz ve değerlendirme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bilişsel ağırlıklı çalışmalarda işyükünü belirlemek, fiziksel ağırlıklı çalışmalara göre daha karmaşık ve zor olmaktadır. Günümüze kadar fiziksel (kassal) ağırlıklı işlerin analizinde ve bu tür işlerde çalışan insanların performanslarını değerlendirmede yararlanılan yöntemler ve teknikler bilişsel çaba gerektiren işlerin ölçümünde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bilişsel işyükü ölçümü için kabul görmüş bir metrik bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bilişsel işyükü belirlemede kullanılabilecek yeni bir denklem geliştirilmiştir. Bilişsel yorgunluğun bir ölçütü olan bu model, görev esnasında aynı görev için onlarca tasarım alternatifi sunarken, iş tasarımında da yardımcı bir araç olacaktır. Çalışmanın sonunda çeşitli iş tanımlarından test problemleri oluşturulmuş ve önerilen denklemin geçerliliği kanıtlanmaya çalışılmıştır.

A NEW ASSESSMENT MODEL FOR COGNITIVE WORKLOAD

Keywords

*Mental Workload,
Cognitive Workload,
Workload Measurement.*

Abstract

Qualified labor requirement is increasing day by day with the spreading information technology. The task's requirements also change from physical dimensions to cognitive ones. Comprehensive analysis and evaluation methods are needed for the cognitive weighted works. Evaluation of the cognitive workload weighted works are more complex and difficult than the physical weighted works. The utilized methods and techniques in analysing of the physical (muscular) weighted tasks and evaluating the performance of people who work in this kind of works until now, are inadequate in measuring jobs requiring cognitive effort. Therefore, there is not accepted metric for measuring cognitive workload. In this study, a new equation was developed to be used in determining the cognitive workload. This model which could be a criterion of the cognitive fatigue, while representing the dozens of design alternatives to the same tasks during the mission, will also be a helpful tool for the work design. At the end of the study test problems are formed from various job descriptions. Then, the validation of the recommended equation has been verified.

Alıntı / Cite

Seckiner Ulusam, S., Toraman, N., (2017). A New Assessment Model For Cognitive Workload, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 5(1), 365-381.

1. Giriş

Günümüzde fiziksel güç gerektiren işlerin yerini bilişsel ağırlıklı işlere bırakmasıyla birlikte kontrol ve bilişsel bakış açısı gerektiren işler artış göstermiştir (Embrey vd., 2006). Bilişsel iş yükü gerektiren işlerde çalışanların daha az çaba harcadıkları düşünülse de azalan fiziksel çabayla birlikte işyükünün de azalacağı düşünülmesi doğru bir yaklaşım değildir. Gelişen bilgi ve iletişim teknolojisinin paralelinde artan bilişsel iş

gereksinimleriyle, fiziksel özelliklerin dışında, algılama hızı ve doğruluğu, dikkat, hafıza, zeka ve farkındalık gibi bilişsel, fizyolojik özelliklerin önemi de ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte bilişsel ağırlıklı işlerde görev alan çalışanların yeterliliklerini analiz etmek için yeni ölçüm tekniklerine ihtiyaç duyulmuştur. Fiziksel çaba ağırlıklı işyükünün değerlendirilmesinde kesin yargılara ulaşan çeşitli çalışmalar bulunmasına karşın, bilişsel çaba gerektiren işlerin analizine ilişkin somut bulgular bulunmamaktadır.

* İlgili yazar/Corresponding author: seckiner@gantep.edu.tr, +90-342-3172613

İş hayatında meydana gelen sürekli değişikliklerle, işin sadece görünen belirli bir kısmının analizi değil aynı zamanda bilişsel yönleri de dikkate alınarak yapılan çalışmalar hızla önem kazanmaktadır (Niebel, 2009). Bilişsel çaba gerektiren bir işte görev alan çalışan büyük bir bilgiyi algılayarak yorumlayabilmelidir. Aynı zamanda kritik kararlar verebilmeli ve ani oluşan durumları hızlıca kontrolü altına alabilmelidir. Özellikle modern teknoloji ve artan bilgisayar kullanımıyla birlikte bilgi işleme ve karar verme üzerindeki vurgu artmıştır.

ilişsel çaba gerektiren işlerde çalışanların maruz kaldıkları işyükünün seviyesi ergonomi alanında yapılan çalışmalarda ele alınmaktadır. Bilişsel işyükü, çalışan tarafından üstlenilen iş gereksinimlerinin uygulama maliyetini temsil etmektedir. Eğer, çalışanlar işlerini mevcut kaynakları kullanarak hızlı, doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirmeyi başarıyorlarsa, işyükü kavramının bir önemi olmayacaktır. Fakat, genellikle bireyler, bu başarıyı elde edemediklerinden ya da iş gücü performansının sürdürülebilir maliyetleri (stress, hastalık, kazalar, yorgunluk vb.) kabul edilemeyecek derece yüksek olduğundan, sistem performansı ile ilgilenen operatörler ya da tasarımcılar sistem tasarım ve düzenlenmesinde bilişsel işyükü hakkında bazı cevaplara ihtiyaç duyarlar. Psikoloji literatüründe yer alan birçok tanım, bilişsel işyükü kavramının nedenler, sonuçlar ve teşhisler ile ilgili olarak karmaşık bir yapıya sahip olduğunu kanıtlamaktadır (Karadağ ve Cankul, 2015).

Ofis iş ortamında çalışanların performansı, sağlığı ve mutluluğunu etkileyen çok sayıda etken bulunmaktadır. Çalışanların işlerini stres ve aşırı veya az işyükü olmadan normal performansta gerçekleştirebilmeleri için, olumsuz iş özelliklerinin bilinmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, tespit edilen bu özellikler azaltılmalı ve kontrol altına alınmalıdır. Ele alınan bir iş içintoplama işyükü seviyesi belirlenmeli ve olumsuz fiziksel ve bilişsel işyüküne sebep olan iş özellikleri iyi bir şekilde tespit edilerek gerekli önlemler alınmalıdır.

Bu çalışma, gün geçtikçe önem kazanan ancak literatürde yer alan çalışmalar kapsamında kesin yargılara ulaşılamayacağı düşünülen hizmet sektörüne yönelik ofis çalışanlarının maruz kaldıkları bilişsel çaba seviyelerinin analiz edilmesi ve somut bir sonuç ortaya atılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmamız kapsamında, işyükü baskısı, hedef baskısı, görev dışı verilen işler ve yüksek riskli işlemlerin fazla olması sebebiyle hizmet sektöründeki faaliyet alanlarından bankacılık sektörü seçilmiştir. Gün geçtikçe önemi artan bankacılık, finans sektörünün ekonomik ve sosyal refahını itici gücü olarak ekonomik büyümede kaynak yönetimine aracılık etmektedir. Sosyal sistemlerden belki de en karışık olanı bankacılık sistemidir. Bankacılık sistemi bünyesinde birçok

bireysel müşterinin yanısıra farklı eğilim ve etkileşimleri bulunan çeşitli iş gruplarının ya da kuruluşlarının da yer aldığı görülmektedir. Bu nedenle, böyle karışık bir sistemde çalışacak personelin, gerekli bilgi, beceri ve yeteneğe sahip olması, farklı eğitimler alması gerekmektedir. Bankacılık sektöründe çalışan personelin işyükünün belirlenmesinde bireyin fiziksel özelliklerinden ziyade bilişsel ve fizyolojik özelliklerinin incelenmesi ve ölçülmesi gerekmektedir.

2. Bilimsel Yazın Taraması

İş gereksinimleri; genel olarak fiziksel, bilişsel ve geçici gereksinimler olmak üzere üç başlık altında toplanabilmektedir. Bunlardan ayrı olarak, iş gereksinimlerini değerlendirmek ve işin gerçekleştirilmesine etki eden faktörleri ölçmek için birçok öznel ve nesnel teknikler de kullanılmaktadır (Yamuroğlu vd., 2011).

Bilişsel Ergonomi, bilgi işlem gereksinimleriyle ilgilenen mühendislik psikolojisidir. Bilişsel ergonominin temel uygulamaları bilgisayar programları ve arayüzlerini kontrol ederek hata oranını minimum seviyelere indirip, insan performansını arttırmaktır (Dağdeviren vd., 2005). Bilişsel ergonomi kavramı ilk olarak 2. Dünya savaşında pilotların hatalarının analiz edilmesine yönelik çalışmalarda kullanılmıştır. 1970'lerde kişisel bilgisayar kullanımındaki artışla birlikte, fiziksel ergonominin yanında psikolojik ergonomi de yaygınlaşmaya başlamıştır.

Bilişsel ergonomi, bilişsel çaba ve algı harcayarak çalışan kişilerin çalışırken çevre, ekipman ve işi gerçekleştirmek için gerekli bilgi ile ne şekilde etkileşim halinde olduğunu analiz etmeye yardımcı olur. Bilginin nasıl algılandığı ve hata oranını minimize ederek kararların nasıl alındığını anlamaya çalışır. Bu kapsamda, bilişsel ergonomi çalışanlar ve onların görevleri, verimlilikleri ve sistemde karşılaştıkları zorluklar arasındaki düzenlemeleri yapmayı sağlar. Buna örnek olarak operatörler tarafından yapılan önemli hataların önüne geçmek için yapılan havaaalarının projelendirilmesi, nükleer enerji santrallerinin kurumları, bazı ekipmanların tasarımı ya da kullanışlı bilgisayar yazılım arayüzlerinin tasarımları verilebilir.

Bilişsel ergonomide genellikle bireysel algı, bilişsel yapılar gibi fizyolojik özellikler analiz edilerek sistemlerin verimli kullanılması içintekrar tasarımları yapılabilmektedir (Kılıçer vd., 2007). Bilişsel yük, çok boyutlu bir yapı olarak ele alınmakta ve belirli bir çalışma sırasında insanın bilişsel sisteminde oluşan baskı olarak tanımlanmaktadır.

Bilişsel işyükü kuramı, bilgi işlem yaklaşımında etkili olan bölünmüş dikkat ve iş etkileri açıklayarak çalışma belleği kapasitesinin kısıtlarını vurgulamaktadır.

Bilişsel işyükü araştırmalarında, öznel bilgi toplamada yaygın olarak kullanılan teknik derecelendirme ölçeğidir. Bazı araştırmacılar, sadece derecelendirme ölçümlerinin kesin sonuçlar vermeyeceğini savunsa da, algılanan bilişsel çaba için sayısal bir gösterge verme yeteneğine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Bilişsel yükün değerlendirilmesinde kullanılan derecelendirme ölçeği ilk olarak Paas (1992) tarafından kullanılmıştır. Bilişsel yük teorisi araştırmacıları bu tekniğin güvenilir sonuçlar sağladığını savunmuşlardır (Chang vd., 2011). Bilişsel işyükü yapısının ölçülmesinden kullanılan deneysel metotlar öznel teknikler, fizyolojik teknikler, görev-performansa dayalı ölçüm teknikleri olarak üçe ayrılmıştır.

Öznel ölçüm teknikleri derecelendirme ya da ölçeklendirmeye dayanarak kişinin hissettiği işyükü seviyesini belirlemektedir. Öznel işyükü ölçümleri işyükünü çeşitli seviyelere ayırmak için kesikli soru-cevap tipi yanıtlar içermektedir. Tek boyutlu ve çok boyutlu olmak üzere iki ana ölçeklendirme şekli bulunmaktadır. Tek boyutlu ölçeklendirmeler çok karmaşık analizler içermedikleri için en basit ölçüm tekniği olarak tanımlanırlar. Genellikle tek boyutlu ölçeklendirmelerin çok boyutlu ölçeklendirmelerden daha hassas oldukları varsayılmaktadır (De Waard, 1996). Çok boyutlu işyükü ölçeklendirmeleri daha karmaşık ve daha çok zaman gerektiren ölçüm teknikleridir. Bu tekniklerin üçten altıya kadar boyutları bulunmaktadır (Miller, 2011).

İşyükünün performans bazlı ölçümü, birincil veya ikincil bir görev vasıtasıyla bir bireyin kapasitesinin incelenmesine dayanmaktadır. Bireyin işini ne kadar iyi yaptığını, ya da artan işyüküyle birlikte performansının ne kadar kötüleştiğini ölçerek, bilişsel işyükünün tahmini yapılabilmektedir (Miller, 2011).

Fizyolojik ölçüm teknikleri ise temelde insan vücudunun artan fiziksel tepkileri doğrultusunda artan bilişsel taleplerine dayanmaktadır. Fizyolojik işyükü ölçümleri, vücudun fiziksel tepkilerinin sürekli ölçülmesiyle elde edilmektedir. Bu ölçümler, göz aktiviteleri, kalp ile ilgili aktiviteler, beyin aktiviteleri, konuşma ölçümleri, solunum aktiviteleri gibi ölçüm teknikleri ile yapılmaktadır. Bilişsel işyükünün fizyolojik ölçüm teknikleri aşağıda belirtilen Tablo 1'de yer almaktadır.

Çalışanların görevlerini gerçekleştirirken uygulanan bu fizyolojik ölçüm teknikleri bilişsel işyükünün belirlenmesinde faydalı ve uygun tekniklerdir. Ancak, bu ölçümlerle işyükünün tam potansiyelini elde etmek oldukça zordur ve bünyesinde birçok önemli engel barındırmaktadır. Fizyolojik veri toplama teknikleri genel olarak uygulaması uzun zaman gerektiren, pahalı tekniklerdir. Zaman zaman veri analizinde problem yaşanmakta ve kullanılan ölçüm cihazlarından kaynaklı sorunlar oluşabilmektedir. Ayrıca ikinci bir iş ortaya çıktığında ölçüm sonuçları birinci işin performansı ile karışabilmektedir.

Son zamanlarda gelişen bilgisayar teknolojileri ile henüz güvenilir psikolojik durum ölçümleri sunan formları bulunmasa da bahsedilen eksikliklerin üstesinden gelmek mümkündür. Bununla birlikte, son zamanlarda çalışanların toplam işyükü seviyesini belirlemek için bazı modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modeller Analitik Ağ Prosesi ile analiz edilmiştir (Balat ve Ok, 2013).

Tablo 1. Bilişsel İşyükü Fizyolojik Ölçüm Teknikleri

Göz ile İlgili Ölçümler
Kırpıştırma Süresi
Kırpıştırma Gecikmesi
Kırpıştırma Oranı
Endojen Göz Kırpıştırma Hareket Analizi
Gözbebeği Çapı
Kalp ile İlgili Ölçümler
Elektrokardiyogram (EKG, ECG)
Kalp Atış Hızı Değişkenliği (HRV)
Beyin ile İlgili Ölçümler
Elektroensefalografik Aktiviteler (EEG)
Olay İlişkili Potansiyeller (ERP), ya da Uyarılmış Kortikal Potansiyeller (CEP)
Magnetoencephlographic Aktiviteler (MEG)
Pozitron Emisyon Tomografisi (PET)
Bölgesel Beyin Kan Akımı (rCBF)
Diğer Yaygın Ölçümler
Kan Basıncı
Kan Hacmi
Vücut Sıvısı Analizi
Kritik Fliker Frekansı (CFF)
Elektrodermal Aktiviteleri (EDA)
Elektromiyografi Aktiviteleri (EMG)
Galvanik Deri Tepkisi
Kas Potansiyeli
Solunum
Cilt Potansiyeli
Konuşma Kalitesi

2.1. Bilişsel İşlemler ve Kalp Hızı Arasındaki İlişki

Kalp hızı değişkenliği (HRV), bilişsel işyükü ölçüm deney tekniklerinden en çok kullanılan fizyolojik metotlardandır. HRV, otonom esneklik hakkında bilgi veren ve duygusal yanıtların kapasitesini temsil eden, kalp atış hızı üzerindeki sempatik ve parasempatik etkiler arasında sürekli etkileşimin ölçümüdür (Appelhans ve Luecken, 2006).

HRV, çevreden gelen bilgilerin paylaşılabilir, ters çevrilebilir, bilişsel olarak kontrol edilip yorumlanabilir olduğu durumlardan sürekli dikkat ve çalışma bellliği gibi bilişsel işlevler ile bağlantılıdır (Hansen vd., 2013).

Bilişsel işyükünü yeni bir bakış açısıyla ele alan bir çalışmada, kalp atış hızı değişkenliğine yer veren araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmaya göre, 0,1-Hz kalp hızı değişkenliğinin, farklı iş çeşitleri (teşhis edilebilirlik) vefarklı iş zorluk seviyelerine göre (hassaslık) bilişsel stresinin seviyesiyarımını sağladığı belirtilmiştir (Meshkati, 1988). Ayrıca araştırmacıların görüşleri doğrultusunda, solunumun kalp hızı değişkenliğinden önemli rol oynadığı tesit edilmiştir.

Son yıllarda, bilişsel performans ve HRV arasındaki ilişkiye yönelik yapılan çalışmalara ilginin arttığı görülmektedir. HRV, otonom sinir sistemi (ANS) ve kardiyovasküler system arasındaki etkileşimlerin basit ve müdahalesiz ölçüm tekniğidir. Bir çok çalışmada bilişsel işlemlerin HRV'yi etkilediği gösterilmiştir. Bazıları, farklı seviyelerdeki bilişsel işyükünün HRV üzerinde farklı etkileri (yüksek bilişsel yük, düşük HRV) olduğunu savunmuşlardır (Cinaz, vd., 2011). Bir diğeri ise bilgisayarlı bilişsel görev aralıklarındaki HRV değerinin farklı bilişsel işlemler içerdiğinden bahsetmiştir (Luft vd., 2009). Yapılan bu çalışmaların sonuçları yönetimsel ve yönetimsel olmayan işler arasında ölçülen HRV değerlerinde önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir (Frasch, 2013).

HRV ile bilişsel stres hakkındaki bir çalışmada, kardiyovasküler ve subjektif stres tepkileri, kombine edilen fiziksel ve bilişsel işyükünü ve etkilerini analiz etmek amacıyla incelenmiştir. Hjortskov vd. (2014) kardiyovasküler ve subjektif stres tepkileri, kombine edilen fiziksel ve bilişsel işyükünü ve etkilerini analiz etmek amacıyla incelenmiştir. Sonuç olarak, HRV ve kan basıncı değişkenleri arasındaki ayrışmaya göre HRV'nin bilişsel stres analizinde daha hassas ve seçici olduğu vurgulanmıştır. Bir başka çalışmada, fiziksel uygunluk, bilişsel işlevler arasında bir ilişki olup olmadığı ve bu ilişkinin HRV ile bağlantısının bulunup bulunmadığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, dinlenme düzeyindeki HRV yürütme işlevleri içeren görevlerdeki performansla önemli derecede bağlantılıdır (Hansen vd., 2004). Bilişsel işyükü ölçülürken, bilişsel çabanın yanında performans göstergeleri de önemlidir. Genel olarak bilişsel işyükü azaltılmaya çalışılmasına rağmen, kişi öğrenmeye istekli değil ve bilişsel çaba harcamıyorsa bu verimli bir durum değildir.

Bir bilişsel işyükünün değerlendirilmesi çalışmasında, yapay sinir ağları (ANN) analizi ve çoklu regresyon (MLR) model tabanlı kalp hızı tahminleri karşılaştırılmıştır. F/A-18 Hornet hava savaşlarının karmaşık simülasyonu sırasında, 14 önleme uçağı pilotundan toplanan psiko-fizyolojik strese (PPS) yol açtığı düşünülen bilişsel yükün ve elektrokardiyografi verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Toplanan sonuçlara göre, bilişsel işyükünün değerlendirilmesinde ANN analizinin mutlak hata ortalaması MLR modelinkinden %13-23 daha iyi tahmin sonuçları vermiştir (Hannula vd., 2008).

Bazı araştırmacılar, bilişsel işyükünün; dikkat, algı, bellek, mantıksal akıl yürütme gibi alanlardainsanın merkezi bilgi işlem sisteminde baskı oluşturduğunu düşünmüşlerdir. Ek olarak, onlara göre tüm bu faktörler, durumsal farkındalığı da etkilemektedir. Ayrıca, zaman zaman kimyasal (uyku kaybı, fiziksel yorgunluk, ilaç tedavisi vb.) ve fiziksel fenomenler başın dönme hareketinin kısıtlanması, titreşim ve ivmeli güçlerin etkileri vb.) çevre algısını güçleştirdiğini düşünülmüştür. Psiko-fizyolojik stres etkileri olarak kalp ile ilgili otonomik düzen, kalp hızını görüntüleme ve onun çeşitleri bilişsel yükü üzerindeki etkilerinin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bilişsel işyükü ve bilişsel stres ile ilgili çalışmalarda, çevredeki fiziksel faktörlere müdahale etmeden laboratuvar deneyleri ve simülasyonlar sıklıkla kullanılmaktadır (Hannula vd., 2008).

Bir başka çalışmaya göre, lineer ve lineer olmayan kümeleyicilerin nöro-fizyoloji ile ilgili verilerin değerlendirilmesinde sağlamlık sağladıkları savunulmuştur (Craven vd., 2009). Bu çalışma kapsamında, ilk olarak sensör girdileri ve tahmin edilmesi planlanan bilişsel işyükü arasında kurallı bir ilişki olup olmadığının tespiti amacıyla lineer algoritmalar geliştirilmiştir. Daha sonra belirli bir görev ya da kullanıcıdan bağımsız olarak bilişsel işyükü tanımlanarak, ölçümler yapılmış ve doğrusal olmayan yapay sinir ağları (ANN) ile analiz edilmesi sağlamıştır. Dikkat ve uyusukluğu ölçen bilişsel işyükü analizlerinin yüksek işyükünden aşırı işyüküne geçişlerle alakalı olabilecek benzer bilişsel işyükü seviyelerinin ayrımında yardımcı olacağı düşünülmüştür.

Wright-Patterson, İnsan Verimlilik Müdürlüğü'nün Bilişsel Değerlendirme Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen STORM (Simulator for Tactical Operations Research and Measurement) EEG verilerinin analizi için geliştirilen yapay ağ modelleriyle işyükü algısının EEG ölçümleriyle değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir (Ntuen ve Li, 1999).

Bir başka makaleye göre, ECG, EOG, EMG, kan basıncı, solunum, göz aktiviteleri ve yüz ifadeleri gibi birçok psiko-fizyolojik belirtinin bilişsel işyükü ile ilişkili olduğu savunulmaktadır. Ayrıca bilişsel işyükünün ölçümünde ECG'nin en hassas ve uygun ölçüm tekniği olduğu belirtilmiştir (Yang ve Lin 2009). Söz konusu çalışmanın literatür taramasında yer alan bilgilere göre, bilişsel işyükünün ölçülmesini sağlayan bu psiko-fizyolojik belirtilerin varyans analizi, aşamalı ayırma analizi, temel bileşenler analizi ve yapay sinir ağları gibi çeşitli uygulamalarla analizi yapılarak bilişsel işyükünün ölçümüne yönelik yöntemler geliştirilmiştir. Yapılan bu çalışmaların içerisinde, bilişsel işyükünün belirlenmesinin son derece doğrusal olmayan ve belirsiz doğası nedeniyle yapay sinir ağları en iyi ölçüm yöntemi olarak belirlenmiştir.

Zengin bilgi kaynaklarıyla birlikte iş hayatının doğası ve insan ve sistemler arasındaki dağılım değişmektedir. Fakat, bilgi üretimi ve akışı artarken, insanın bilişsel fonksiyonlarına verilen anlam ve karar verme mekanizması henüz yaygınlaşmamıştır. Hava aracı kokpitlerinin tasarımına ilişkin çalışmalarda pilotların maruz kaldıkları bilişsel işyükü incelenmiştir. Bu çalışmalarda bilişsel işyüküne verilen önemin bilginin gerektiği her alanda sağlanması gerekmektedir (Lahlou, 2011). Bu kapsamda yapılan bir çalışmada çalışanların iş ortamıyla nasıl bir etkileşiminin bulunduğunu anlamak ve bilişsel işyükünü tespit etmek amacıyla, iki adet bütünleyici araç, Subcam ve Offsat, kullanılmıştır. Kullanılan bu araçların dağılmış bilişsel işlemlere yönelik farklı bakış açıları sağladığı düşünülmüştür. Fakat, bilişsel işlemleri daha iyi anlamak için farklı ölçüm teknikleri ve ciddi hazırlıklar yapılması gerektiği düşünülmüştür (Lahlou, 2011).

Öztürk ve Batmaz çalışmasında (Batmaz ve Öztürk, 2008), bilişsel bir işlemi gerçekleştirirken oluşan işyükünün ölçülmesi amacıyla göz bebeği çapındaki değişikliklerin incelenmiştir. Çalışma boyunca gözbebeğinin hareketleri video kaydı altına alınmıştır. Buna ek olarak deneklere bilgisayar klavyesi kullanılarak uygulanan psikomotor görevler verilmiştir. Diğer yandan, toplam bilişsel işyükünün tespiti için NASA-TLX ölçüm tekniği uygulanmıştır. Daha sonra her bir denekten elde edilen verilerin kıyaslanması amacıyla t-testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, yüksek dikkat ve karar verme gerektiren daha fazla psikomotor aktiviteleri içeren görevlerde gözbebeğinde daha fazla genişleme olduğu tespit edilmiştir. Fiziksel ve bilişsel uyarıların gözbebeği genişlemesini tetiklediği kanaati edinilmiştir.

Bir başka çalışmada, EUROCONTROL INTEGRA programının bir parçası kullanılarak havasız trafik yönetimi etki alanlarındaki insan döngü simülasyonunda işyükü ölçümlerinin temelleri oluşturulmuştur (Farmer vd., 2003). Burada, işyükündeki herhangi bir değişikliğin kaynağıyla ilgili teşhis bilgilerini sağlama yeteneğinden dolayı çok boyutlu derecelendirme tekniği kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında zihinsel iş yükünü çeşitli boyutlarda inceleyen NASA TLX ve geliştirilen DRA İşyükü Ölçeğinin kullanılması önerilmiştir (Farmer vd., 2003).

Fizyolojik teori, yüksek işyüküne maruz kalınması durumlarında çalışanın verdiği tepkilerin yorumlanmasından yola çıkarak yapılan geliştirmelerle ilgilenmektedir. Embrey vd. (2006) dikkat gerektiren bu durumlarda performans düşüşünü kapsayan farklı bir literatür geliştirmiştir.

İşyükü ölçümüne yönelik bazı çalışmalarda aynı işyükünün ölçülmesinde farklı analiz teknikleri kullanılmıştır. Örneğin; bilişsel işyükünün değerlendirilmesinde kullanılan psiko-fizyolojik ölçüm teknikleri konulu çalışmada, öznel ve nesnel tekniklerin ikisi de bilişsel işyükünün

değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada araştırmacılar, bilişsel yetenekleri geliştiren görsel algı gerektiren ve bilişsel hız üzerine yoğunlaşan görevleri ele almışlardır. Söz konusu deneyin tasarımında, göz izleyici, Bodymedia kolluk, elektroensefalografi baş seti ve kablosuz kalp hızı monitörü kullanılmıştır. Belirlenen bilişsel faktörler ele alınarak bilişsel işyükünün iş zorluk derecesindeki değişikliklerle nasıl değiştiğini değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucu, kalp akımı ve elektroensefalograf ölçümleri ile bilişsel iş yükünün alçak ve yüksek seviyeleri arasındaki ayrımın %80 doğrulukla en iyi şekilde yapıldığını göstermektedir. İşyükünün sınıflandırılması işlemi Naive Bayes sınıflandırıcı ile yapılmıştır (Haapalainen vd., 2010).

Diğer bir yandan, bilişsel işyükünün değerlendirilmesinde fizyolojik ölçümlerin yanısıra sübjektif ölçüm teknikleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Türkiye'de bulunan bir üniversitede görev yapmakta olan üniversite akademik personelin akademik görevlerinin yanı sıra bir çok yönetsel görevleri de bulunduğu belirtilmiş olup, çalışma kapsamında akademik personelinin işyükü seviyesini belirleyen faktörler ve bunlar arasındaki ilişkiler analitik ağ modeli ile incelenmiştir. Çalışanlardan anket teknikleriyle elde edilen veriler doğrultusunda analitik ağ sürecine göre ikili karşılaştırmalarla sistem etkileri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, akademik personelin işyükünde etkili en önemli aktiviteler sıralanmıştır (Bulut ve Soylu, 2009).

Duru ve arkadaşları, bilgi teknolojileri sektöründeki çeşitli kuruluşlarda çalışanların bilişsel işyükünün ölçümü konusunda çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmaya göre NASA-TLX işyükünün belirlenmesinde en uygun ölçüm tekniği olarak belirlenmiştir (Duru vd., 2005). Çalışma boyunca, çeşitli yaş, cinsiyet ve eğitim statüsüne sahip 20 denekten elde edilen bilgiler NASA-TLX method ile alınmıştır. Ancak elde edilen bu verilerin tek başına anlamlı olmaması sebebiyle her bir faktör için kutu grafiği yapılarak insan grupları arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bilişsel işyükünün ölçülmesinde kullanılan üç teknik karşılaştırıldığında, fizyolojik ölçümlerin işyükü seviyesinin sürekli izlenmesinde iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bazı fizyolojik ölçümler, sürüş simülatörü ya da gerçek ortam analizlerinde kullanılmaktadır. Fizyolojik ölçüm teknikleriyle görsel işyükünü ölçmenin en iyi yolu ise göz kırpışma hızıdır. Bazı araştırmalara göre, göz bebeği çapı ya da yatay göz hareketleri gibi yeni tekniklerin de bilişsel işyükünün tahmininde iyi oldukları belirtilmiştir. EEG ölçümlerini kullanarak beyinde oluşan aktivitelerin ölçülmesi de faydalı olmakla birlikte gerçek ortam analizlerinde kullanılması zordur. Bilişsel işyükünün belirlenmesinde en uygun ve doğru yöntem olduğu düşünülen fizyolojik ölçüm, özellikle iş yükündeki değişikliklere duyarlı olması nedeniyle kalp atış hızının ölçümüdür. Ancak, kalp hızı değişkenliği ve kan basıncı gibi kalp faaliyetlerinin

fiziksel ve duygusal değişikliklerden önemli ölçüde etkilenmesi nedeniyle bu ölçüm sonuçlarının zaman zaman yanıltıcı olabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle ölçüm yapılırken bu değişikliklerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Çalışanın bilişsel aktivitelerinin ölçümünde kullanılan fizyolojik ölçümleri (EEG gibi) insan bilgi işlem ölçümlerinde gerçek zamanlı ölçümler sağlamada yüksek potansiyele sahiptir (Mazaeva vd., 2001). Bu alanda bilişsel işyükünün modellenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, özdüzenleyici haritalar tekniği ile elde edilen sonuçlara göre işyükü ile EEG verileri arasında yüksek korelasyon bulunmaktadır (Schvaneveldt, 1997). Özetle, EEG verilerindeki değişiklikler işyükünde oluşan değişikliklerin ve bu değişikliklerle ilişkili olarak söz konusu görevi gerçekleştirmek için gerekli bilişsel çabanın tahmininde etkilidir (Gevins ve Smith, 2010).

İşyükünün incelenmesinde kullanılan sübjektif ölçüm teknikleri, kişilerin ne kadar işyükü hissettiklerinin analiz edilmesinde kullanılan iyi tekniklerdir. Geçmiş zamanlarda, bu tekniklerden çok boyutlu ölçümlerin, işyükünü belirlemede en iyi öznel teknikler olduğu varsayıyorken, son günlerde, tek yönlü derecelendirmelerin de çok boyutlu ölçüm teknikleri kadar iyi sonuçlar verdiği kanıtlanmıştır. Tek boyutlu ölçeklendirme teknikleri kolay ve hızlı olmasının yanı sıra dikkat dağıtıcı olmaması sebebiyle basit görevlerde oluşan işyükünün derecelendirilmesinde iyi sonuçlar vermektedir. Toplam işyükü ölçeği çok iyi bir derecelendirme ölçeği olarak gösterilmektedir. Ancak, işyükünü ölçerken daha detaylı bir analiz yapılmak isteniyorsa, çok boyutlu ölçeklendirme kullanılması faydalı olacaktır. En iyi çok boyutlu ölçüm tekniği NASA-TLX olarak belirtilse de, diğer birçok teknik de doğru sonuçlar vermektedir. Çok boyutlu ölçüm teknikleri tamamlanması uzun süre gerektiren teknikler olmasına karşın doğruluğu yüksek tekniklerdir.

Diğer bir taraftan, kalp atış hızı, göz hareketleri gibi fizyolojik ölçümler gerektiren öznel ölçüm araçlarının maliyetlerinin yüksek olması ve iş gerçekleştirilirken doğru ölçüm sonuçlarının zor elde edilmesi sebebiyle genel olarak bakıldığında bilişsel çaba seviyesinin belirlenmesi için tercih edilmeyen tekniklerdir.

Ayrıca birçok performans ölçüm tekniği de, işyükünü yüksek seviyesindeki değişikliklerini tahmin etmek amacıyla kullanılabilir. Eğer yapılan iş çok kolay ise performans ölçümü işyükü seviyesini doğru olarak göstermeyecektir. Genellikle birincil görev performansının ölçülmesi, ikincil görevden kolaydır. Ve birincil performans ölçümü daha yaygın olarak kullanılan doğruluğu yüksek analizlerdir. Eğer bilişsel işyükü tahmini yapmak için performans ölçümü yapılacaksa, birincil görev performans tekniğinin kullanılması önerilmektedir (Miller, 2011).

Yukarıda bahsedilen tüm çalışmaların yanı sıra, gelecekteki araştırmalarda kullanılmak üzere çeşitli iş

kollarının daha fazla parametreyle karşılaştırılması içisistem yönetimi, nöral yönetim, veri tabanlı tasarım ve yönetim gibi çeşitli boyutlar içeren yeni teknikler önerilmektedir (Duru vd., 2005).

Literatürde, bilişsel işyükünün ölçülmesine yönelik çok sayıda analiz tekniği bulunmaktadır. Bunlardan bazıları analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde ANOVA, t-testi, sinir ağları, istatistik programları, çoklu doğrusal programlar ve diğer özel nitelikli programlar kullanmışlardır. Bu noktada, işyükü ve iş memnuniyeti arasındaki ilişkinin de t-testi, korelasyon ve regresyon ile analiz edildiği görülmüştür.

Genel olarak, işyükü ölçümüne ilişkin literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, tek başına kullanılan sübjektif, fizyolojik ve performans tabanlı ölçüm teknikleriyle önemli sonuçlar elde edildiği ancak bu çalışmalarda işyükü seviyesini belirlemeye yönelik genel olarak bilişsel işyükünün bir yönüne odaklanıldığı kanaati edinilmiştir. Bu nedenle, bilişsel ağırlıklı ofis işlerinde çalışan personel için soyut bir kavram olan iş yükünü, incelenen literatür ışığında tüm yönleriyle ele alarak somutlaştırmak amacıyla, çeşitli bilişsel işyükü ölçüm teknikleri bir arada kullanılarak yeni bir formülasyon geliştirilmeye çalışılmıştır.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, ofis çalışanlarının maruz kaldıkları bilişsel işyükü seviyesini tespit etmek amacıyla yeni bir işyükü analiz tekniği geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, seçilen iş birimi için mevcut durum analiz edilmiş ve görev tanımları açıkça incelenmiştir. Görevler analiz edildikten sonra, bilişsel işyüküne en çok maruz kalınan iş seçilmiştir. Daha sonra, performans seviyesi, iş özellikleri, zorluk derecesi, iş memnuniyeti, zaman kısıtı gibi bilişsel işyükünü etkileyen ölçülebilir faktörler belirlenmiştir. Deney kapsamında, çalışanların işi gerçekleştirirken gösterdikleri bilişsel çabanın ve performanslarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Yeterlilik seviyesi belirlenirken, zaman baskısı, ekipman gereksinimleri, içerik miktarı ve görsel-dilsel kapasite, ön öğrenme gibi dışsal deneysel süreçler büyük öneme sahiptir. Ofis çalışanlarına uygulanacak tekniklere, mevcut kaynaklar ve durumlar doğrultusunda karar verilmiştir. Ofis çalışanlarından elde edilen tüm veriler toplandıktan sonra uygulanacak metod belirlenmiştir.

Bu kapsamda oluşturulacak yeni bilişsel işyükü değerlendirme formülasyonu için bankacılık sektörü temsili örneklem olarak ele alınarak bir bankada seçilen birimdeki kredi derecelendirme ve raporlama işleri ele alınarak analiz edilmiştir.

3.1. Deney Ekipmanları

Deneyimizin temelini oluşturan bilişsel çalışmaların analizinde kullanılan fizyolojik ölçümler, Gaziantep Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ergonomi Laboratuvarı'ndan temin edilen Xplorer GLX ile yapılmıştır.

Bilimsel çalışmalar için veri toplama, grafik oluşturma ve analiz aracı olarak tasarlanan Xplorer GLX (Şekil 1) aynı anda dört PASPORT sensorunu desteklemektedir (PASCO, 1996-2015).



Şekil 1. Xplorer GLX

70'in üzerinde sensörü bulunan cihazın ölçüm alanı çok geniştir. Çalışmamız kapsamında çalışanların belirlenen işi gerçekleştirirken maruz kaldıkları işyükü ile bağlantılı fizyolojik ölçümlerin yapılması amacıyla aşağıda belirtilen sensörler kullanılmıştır:

Xplorer GLX - EKG Sensörü: EKG kalbin potansiyel elektriksel değişikliklerini kaydeden bir ölçüm faktörüdür. Çalışmamızda kullanılan EKG sensörü kalp tarafından üretilen elektrik sinyalleri görmeye olanak sağlamaktadır. Bu dijital teknoloji sayesinde sadece EKG sinyalleri değil kalp atış hızı hakkında da bilgi sahibi olunmaktadır. Elektrokardiyogram olarak da bilinen EKG, kalp ritminin ve elektriksel iletiminin normal olup olmadığını göstermektedir.

Xplorer GLX - Bağlı Basınç (Solunum) Sensörü: Solunum kemeriyle birlikte bağlı basınç sensörü, nefes alma sırasında göğüs boşluğunda oluşan basınçta meydana gelen değişiklikleri ölçmektedir. Basınç değişiklikleri solunum (nefes) oranına tekabül etmektedir (PASCO, 2015).

Niebel's Design Tools Programı: 'Design Tools' iş ölçümü ve iş tasarımı için tasarım araçları sağlamaktadır. Ayrıca bu yazılım gerçek endüstriyel tasarımlar için problem çözme araçları da sunmaktadır. Çalışmamızda çalışanların bilişsel verimlilik seviyelerini ölçmek amacıyla Design Tools'un bilişsel işyükü modülü kullanılmıştır. Bu modül kişilerin bilişsel niteliklerini belirlemek amacıyla oluşturulmuş 7 adet test; özet olarak bireyin reaksiyon zamanını ölçmeyi sağlayan testler içeren Basit Reaksiyon Zamanı ve Seçmeli Reaksiyon Zamanı bir yargı paradigması olan ve verilen çizgilerin uzunluk-kısalık farklarının farkedilebilirliğinin test edildiği Psikofizik Testler, göz-el koordinasyonunu ve

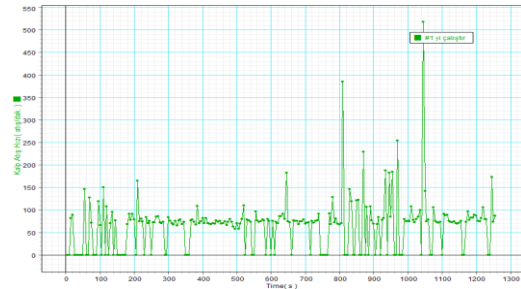
bilgi akışını ölçen testler içeren Fitts Tapping Task, uyumluluğu göstermek için Stroop Testi, hafızaya ilişkin yeteneklerin test edilmesi için Kısa Dönemli Hafıza ve Görsel yeteneklerin test edilmesi amacıyla Görsel Tespit modülü kullanılmıştır.

Rating Scale Mental Effort (RSME): Tek boyutlu bir ölçeklendirme yöntemi olan Bilişsel Çaba Değerlendirme Ölçeği (RSME) Hollanda'da Zijlstra tarafından geliştirilmiştir. Kişinin hissettiği bilişsel eforun derecelendirmesi 0'dan 150 mm'ye kadar uzanan bir çizgi boyunca bulunan çeşitli bağlantı noktaları (aşırı efor, az efor vb.) sayesinde belirlenir. Bilişsel çabanın seviyesi merkeze olan uzaklığa göre mm cinsinden ölçülmektedir. RSME ölçeği üzerinde belirlenen bilişsel çaba miktarı, bilişsel işyükünün soyut yönlerini içermemektedir. Bu özellik, RSME ölçeğini iyi bir öz-bildirim işyükü ölçüm tekniği adayı yapmaktadır.

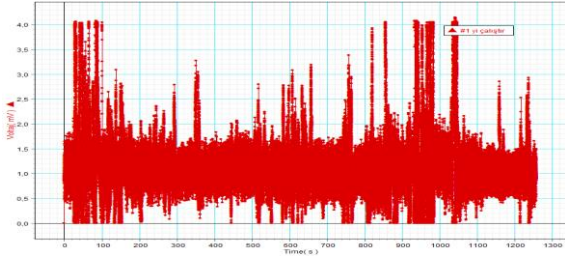
Minnesota İş Memnuniyeti Anketi (MSQ): Minnesota anketi çalışanın işinden ne kadar memnun olduğunun tespit edilmesi amacıyla oluşturulmuştur (Çoban, 2014).

İş Teşhis Anketi: İlk defa Hackman ve Lawler tarafından yayınlanan bir makalede yer alan iş karakterleri teorisine göre, herhangi bir iş genellikle 5 önemli temel özelliğe sahiptir. Bunlar; beceri çeşitliliği, işin kimliği, işin önemi, özerklik ve geri bildirimdir. Söz konusu bu beş temel özellik baz alınarak geliştirilen iş teşhis anketi sonucunda potansiyel motivasyon skoru elde edilmektedir. Skoru yüksek hesaplanan iş yüksek motive edici olarak nitelendirilmektedir (Tor, 2011).

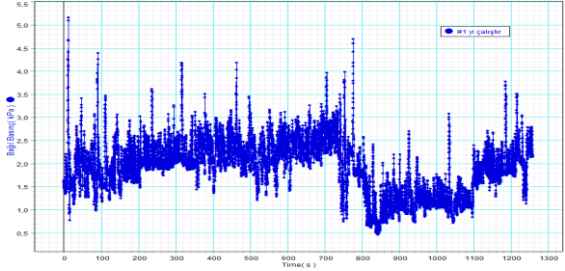
Çalışmamız kapsamında, bankanın ele alınan biriminde finansal analiz ve raporlama işini gerçekleştiren 31 çalışan bulunmaktadır. Bu çalışanların 25 tanesinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmamızda, çalışanlar günlük işlerini gerçekleştirirken yukarıda bahsedilen fizyolojik ölçümler yapılmıştır. Elde edilen fizyolojik ölçüm sonuçlarının örnekleri Şekil 2-4'te görülmektedir.



Şekil 2. Xplorer GLX – Kalp Atış Hızı Grafiği



Şekil 3. Xplorer GLX - Kalp Voltaj Grafiği



Şekil 4. Xplorer GLX - Diyafram Bağlı Basıncı Grafiği

Yapılan bu fizyolojik ölçümler sonrasında, çalışanların demografik özellikleri alınmış, detayları önceki bölümlerde belirtilen bazı anketler uygulanarak iş memnuniyet dereceleri ve işin karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca bilişsel yetenek seviyelerinin tespiti amacıyla uygulanan Design Tools testlerinin sonuçları toplanmıştır.

Oluşturulan deneyin temel öncülleri aşağıda verilmiştir:

1. EKG ve Bağlı Basıncı (Solunum sayısı) sensörlerinin kalibrasyonları yapılarak deneye hazır hale getirilmiştir. Deneklerden alınan sonuçların standart değerlerle uyumu kontrol edilmiştir.
2. Deneklerin birbirleriyle iletişim kurması ve uygulanan anketler, bilişsel psikomotor testlerde etkileşimde bulunması engellenmiştir.
3. Denekler kendilerine verilen bütün görevleri deneyin talimatları doğrultusunda gerçekleştirmiştir.
4. Uygulanan anket sorularının güvenilirlik ve validasyonu literatürde yer alan çalışmalarla desteklenmektedir.
5. Deney katılımcıları eşit ve yeterli şekilde bilgilendirilmiş ve motive edilmiştir.

Deneyimiz kapsamındaki tüm testler bireysel olarak uygulanmıştır. Deneyler boyunca çalışanların EKG ve diyafram bağlı basıncı verileri kullanılan PASCO ölçüm cihazı tarafından kaydedilmiştir. Deneyin sonunda her bir kişiden elde edilen tüm değerlerin ortalaması alınarak, iş gerçekleştirilirken oluşan ortalama bağlı basıncı ve EKG sonuçlarıyla veri seti oluşturulmuştur. Fizyolojik ölçümler sonrasında, çalışanların işlerini gerçekleştirirken hissettikleri bilişsel işyükünün seviyesini ölçmek amacıyla Bilişsel Çaba Değerlendirme Ölçeği (RSME), iş memnuniyetini ölçmek amacıyla Minnesota İş Doyum Ölçeği için

kişiyeye uygunluğunu ölçmek amacıyla İş Teşhis Anketi kullanılmıştır. Deney boyunca, katılımcılar etki ve baskı altında bırakılmamıştır.

Yapılan çalışmayla ilgili ön bilgi verilmiş ve kendilerine verilen görevi günlük işlerini gerçekleştiriyormuş gibi gerçekleştirmeleri istenmiştir. Ayrıca, katılımcıların çalıştıkları ofis ortamının aydınlanması, sıcaklığı, bilgisayar ekranlarının parlaklığı, oturma düzenleri deneyden önce standart koşullara ayarlanmıştır.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Bilişsel İşyükü Denklemine Kurulumu: Denklem Parametreleri

Bilişsel işyükünü değerlendirmek için, işyükü üzerinde etkili olduğu düşünülen parametreler belirlenmiştir. Bu parametrelerin bilişsel işyükü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Daha sonra değerlendirilen bu parametrelere, uygulama alanı olarak seçilen banka biriminde yapılan işlerin ve çalışanların özelliklerine göre çarpanlar atanmıştır. Bu çarpanlar bilişsel işyükü değerlendirme denklemine eklenmek amacıyla oluşturulmuş ve düzenlenmişlerdir. Bir görevi gerçekleştirirken çeşitli çarpanlar bir araya gelerek çalışanların bilişsel işyükü üzerinde farklı etkiler oluşturabilmektedir. Oluşturulan denkleme dahil edilen parametreler ve bunların çarpanlarına ilişkin detay bilgiler aşağıda yer almaktadır:

İş Memnuniyet Çarpanı (SM):

Çalışanın görev aldığı işten ne derece memnun olduğunun, o işi gerçekleştirirken oluşan bilişsel işyükü üzerinde etki yarattığı düşünülmektedir. Bu etkinin seviyesini belirlemek amacıyla oluşturulan iş memnuniyeti çarpanı, bir çalışanın yaptığı işten ne derece tatmin olduğu ve bilişsel işyüküne ne kadar etki ettiğinin tahmininde yardımcı olacaktır. İş memnuniyeti üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında %100 iş memnuniyetinin hiçbir koşulda sağlanamayacağı kanıtlanmıştır (Yelboğa, 2008). Memnuniyet çarpanı, yaşa bağlı memnuniyet çarpanı (Tablo 2) ile memnuniyet derecesini ölçmek amacıyla uygulanan Minnesota İş Memnuniyeti Anketi'nden elde edilen çalışan tarafından hissedilen memnuniyet çarpanının (Tablo 3) oranlanması ile Eşitlik (1)'deki gibi hesaplanmaktadır. Memnuniyet oranı azaltıkça, iş yükü seviyesi artış göstermektedir.

Tablo 2. Yaşa Bağlı Memnuniyet Çarpanı

Yaş	Yaşa Bağlı Memnuniyet Çarpanı
<30	0,45
30<=x<35	0,65
35<=x<40	0,85
40<=x<50	0,90
>=50	1,00

Tablo 3. Hissedilen Memnuniyet Çarpanı

Anket Puan Sonucu	Hissedilen Memnuniyet Çarpanı
1 puan	0,10
1 puan<= x <2 puan	0,15
2 puan<= x <3 puan	0,30
3 puan	0,50
3 puan<= x <4 puan	0,75
4 puan<= x <5 puan	0,90
5 puan	1

Memnuniyet Çarpanı

$$= \frac{\text{Yaşa Bağlı Memnuniyet Çarpanı}}{\text{Hissedilen Memnuniyet Çarpanı}} \quad (1)$$

Cinsiyet Çarpanı (GM):

Cinsiyet farkının bilişsel ağırlıklı işlerin gerçekleştirilmesinde belirleyici bir etkisinin bulunmadığı düşünülmektedir. Bununla birlikte kadınların iş hayatında başarılı olabilmesi için erkeklere kıyasla daha fazla çaba sarf ettiği literatürde yer alan bazı

çalışmalarda kanıtlanmıştır. Bu doğrultuda belirleyici bir farklılık yaratmasa da kadın ve erkek olmak üzere iki ayrı cinsiyet çarpanı atanmıştır (bkz. Tablo 4). Cinsiyet değişkeni değerinin 1'e yaklaşması daha fazla iş yüküne neden olmaktadır.

Tablo 4. Cinsiyet Çarpanı

Cinsiyet	Cinsiyet Çarpanı
Bayan	0,99
Erkek	0,95

Zaman Çarpanı (DM): Zaman çarpanı; literatürde yer alan zaman etüdü ölçümleri kapsamında hesaplamalarda kullanılan standart zaman ve normal zaman terimlerinden faydalanılarak oluşturulmuştur. Zaman çarpanı, belirlenen işin tamamlanması için gereken sürenin, çalışanın işi tamamladığı süreye oranlanmasıyla Eşitlik (2)'de verildiği gibi hesaplanmaktadır. Bu durumda çalışan, işi tamamlanması gereken süreden daha kısa sürede tamamlarsa, süre kısıtından dolayı maruz kalacağı işyükü seviyesi artış gösterecek ve oluşturulacak denklemin sonucunda elde edilecek bilişsel işyükünü arttıracaktır. Burada standart zaman bir işin tamamlanması için gereken ideal zamanı, normal zaman ise çalışanın temposuna göre ortaya çıkan iş tamamlama süresidir. Çalışma kapsamında belirlenen raporlama işi için standart zaman yapılan zaman etütleri neticesinde 16 saat olarak hesaplanmıştır. Normal zaman ise kişiden kişiye değişmektedir. Normal zaman, standart zamandan uzunsa, zaman çarpanı 1'den küçük hesaplanmaktadır. Bu durum çalışanın işi tamamlamak için yeterince zamanı (standart zamandan fazla zaman harcamasından dolayı) olmasından dolayı zaman bakımından yüksek zihinsel iş yüküne maruz kalınmayacağına işaret etmektedir. Bu nedenle denklemin değeri 1'den yüksek olduğunda maruz kalınan bilişsel iş yükü artmaktadır.

$$\text{Zaman Çarpanı} = \frac{\text{Standart Zaman}}{\text{Normal Zaman}} \quad (2)$$

Frekans**Çarpanı (FM):**

Görevin tamamlanması için belirlenen zaman aralığında gerçekleştirilme sıklığını ifade eden çarpanın belirlenmesinde, çalışanın ele alınan işi gerçekleştirmek için ne kadar zaman harcadığı ve görevi aylık olarak belirlenen periyotta ne kadar sıklıkla gerçekleştirdiğinin saptanması gerekmektedir. Bu doğrultuda, aylık toplam çalışma süresi, kişinin harcadığı süre, hazırlanan rapor adedi gibi kriterlerle frekans çarpanının elde edilmesi eşitlik (3)'te belirtilen formül oluşturulmuştur. Genel olarak frekans değişkeni cinsinden iş yükü seviyesi değerlendirildiğinde ; çalışan işini daha kısa sürelerle ve sıklıkla tamamlamak zorunda kaldığında üzerindeki baskı artacak, dolayısıyla frekans çarpanı büyüyecek ve maruz kalınan bilişsel iş yükü artacaktır.

$$\text{Frekans Çarpanı} = \frac{\frac{\text{Harcanan süre} \times \text{Rapor adedi}}{\text{Toplam çalışma süresi}}}{1 + \frac{\text{Harcanan süre} - \text{Toplam çalışma süresi}}{\text{Toplam çalışma süresi}}} \quad (3)$$

Fizyolojik Faktörler Çarpanı (PEM):

Çalışanların kendilerine verilen görevi yerine getirirken, bilişsel işyükü seviyesinin belirlenmesinde kullanılan en etkili yöntemlerden olan fizyolojik ölçümlerden kalp atış hızını, kalp voltajı ve diyafram bağıl basıncı verileri kayıt altına alınarak Tablo 5-7 'de

verildiği gibi kategorize edilerek değerlendirilmiştir. Alınan bu ölçüm değerleri sağlıklı bir çalışanda olması gereken normal değerlerle kıyaslanmış ve her bir ölçüm sonucu oluşturulacak çarpanlar tablolarında belirtilen katsayılar doğrultusunda Eşitlik (4)'e dahil edilmiştir.

Tablo 5. Kalp Atış Hızı Değeri Çarpanı

Kalp Atış Hızı	Kalp Atış Hızı Çarpanı (HRM)
Standart değer altında	1,75
Standart değere yakın fakat düşük	1,25
Standard değer	1
Standart değere yakın fakat yüksek	1,25
Standart değer üstünde	1,75

Tablo 6. Kalp Elektriksel Voltaj Değeri Çarpanı

Kalp Elektriksel Voltajı	Kalp Elektriksel Voltaj Çarpanı (HVM)
Üst limitin üstünde	1,75
Üst limite yakın	1,25
Normal	1
Alt limite yakın	1,25
Alt limitin üstünde	1,75

Tablo 7. Bağıl Basıncı Değeri Çarpanı (RRM)

Bağıl Basıncı Değeri	Bağıl Basıncı Değeri Çarpanı
Standart değer altında	1,75
Standart değere yakın fakat düşük	1,25
Standard değer	1
Standart değere yakın fakat yüksek	1,25
Standart değer üstünde	1,75

$$\text{Fizyolojik Faktörler Çarpanı (PEM)} = \text{HRM} \times \text{HVM} \times \text{RRM} \quad (4)$$

Sağlıklı bir çalışan için fizyolojik faktörlerin her birine atanan çarpanların normal seviyelerde olacağı kabul edilmektedir vebu durumda çarpan değeri 1'e eşittir. Fizyolojik değerlerin normal değerlerden farklılaştığı durumlarda ise sağlık sorunları iş yüküartışına neden olabileceğinden çarpanın değeri 1'den büyük hesaplanacaktır.

Bilişsel Test Çarpanı (CEM):

Çalışanların bilişsel yeteneklerinin de bilişsel işyükünde etkili olduğu düşünülmüştür. Bu kapsamda, Niebel Design Tools yazılımı kullanılarak program bünyesinde bulunan çeşitli bilişsel testler deney ortamında çalışanlara uygulanmıştır. Yapılan iş için maruz kalınan normal bilişsel işyükü seviyesi için tarafımızca her bir teste standart değerler belirlenmiş ve çalışanlardan elde edilen test sonuçları bu standart değerlerle kıyaslanarak bilişsel yeteneklerin hangi seviyede olduğunun tespiti amacıyla Eşitlik (5)'te verildiği gibi çarpanlar atanmıştır (bkz. Tablo 8). El-göz koordinasyonu, dikkat, hafıza gibi bilişsel yetenekleri ölçen tüm bu testlerden istenilen seviyede başarı gösterilmesi halinde ilişkili her bir test çarpanının katsayısı 1 olacaktır. Test sonuçları beklenen değer altına düşükçe, çalışanın ilgili iş için yeterli beceriye sahip olmaması nedeniyle bilişsel iş yükü artacaktır ve çarpanın değeri 1'in üstünde hesaplanacaktır.

Tablo 8. Bilişsel Test Çarpanı (CLM)

	Beklenenden Çok Düşük	Beklenenden Düşük	Beklenen Yakın (Düşük)	Beklenen Değer	Beklenene Yakın (Yüksek)	Beklenenden Yüksek
SRM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
CRM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
PM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
FM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
SMM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
SM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820
VM	1,258	1,169	1,104	1	0,905	0,820

$$CEM = SRM \times CRM \times PM \times FM \times SMM \times SM \times VM \quad (5)$$

Bilişsel Öğrenme Çarpanı (CLM):

Literatürde yer alan çalışmalara göre bir işi gerçekleştirirken gösterilen performans ve bilişsel çaba arasında bir bağlantı bulunmaktadır

(Kablan 2007). Bu bağlantı oluşan bilişsel işyükü üzerinde öğrenmenin etkisine işaret etmektedir. Bu kapsamda çalışanın yüksek bilişsel çaba sarf ederek nasıl bir performans sergilediği ya da düşük performans ile harcanan bilişsel çaba arasındaki ilişki gibi karşılaştırmalar yapılarak, öğrenmenin bilişsel işyükü üzerindeki etkisini gösteren çarpanlar tayin edilmiştir (Tablo 9). Söz konusu analizler yapılırken iş birimi tarafından oluşturulmuş performans değerlendirme kriterleri (hazırlanan her rapor için tayin edilen puanlarla çalışanlar iyi-orta-kötü skalası dahilinde performans puanı sıralamasına tabi tutulmaktadır.) baz alınmıştır. Zihinsel çaba seviyesini

ölçmek amacıyla çalışanlara bilişsel iş yükü subjektif ölçüm tekniklerinden tek boyutlu ölçüm yöntemi olan Rating Scale Mental Effort ölçeği uygulanmıştır. Zihinsel Efor ve performans karşılaştırmaları kapsamında örneğin; hissedilen mental iş yükü düşük olmasına karşın çalışanın gösterdiği performans çok zayıf ise bilişsel öğrenme katsayısı 1'e eşit olacaktır. Çünkü çalışan düşük zihinsel eforla çalıştığını düşünmesine karşın kötü performans sergilemiştir. Hissedilen düşük zihinsel eforla elde edilen çok iyi performans ise düşük bilişsel iş yüküne tekabül etmekte olup, katsayısı 1'den çok küçük bir değer olacaktır.

Tablo 9. Bilişsel Öğrenme Çarpanı

		Performans				
		Çok İyi	İyi	Orta	Zayıf	Çok Zayıf
Zihinsel Efor Algısı	Kesinlikle Eforsuz	0,10	0,20	0,25	0,50	1
	Neredeyse Efor Yok	0,20	0,25	0,45	0,55	1
	Biraz Efor	0,25	0,45	0,55	0,60	1
	Bir Miktar Efor	0,40	0,50	0,60	0,65	1
	Epeyce Efor	0,50	0,55	0,70	0,75	1
	Önemli Derecede Efor	0,70	0,75	0,80	0,90	1
	Yüksek Efor	0,85	0,80	0,85	0,95	1
	Çok Yüksek Efor	0,95	0,97	1	1	1
	Aşırı Efor	0,97	0,98	0,99	1	1

Çevresel Etki Çarpanı (EEM):

Bilişsel işyüküne etki eden çevresel faktörler ofis ortamına ve iş koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Çalışmamız kapsamında ele alınan raporlama ve mali analiz çalışmaları yüksek yoğunlaşma gerektiren işlerdir. Deney esnasında örneklem grubunun çalıştığı ofis ortamının hava kalitesi, sıcaklığı, nem oranı gibi faktörleri olması gereken seviyelere getirilmiştir. Fakat gürültü faktörünün ofis ortamında oluşan bilişsel işyükü üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Yüksek gürültü düzeyine maruz kalınmayan ofis ortamlarında gürültünün bilişsel işyükü üzerinde önemli bir rolü bulunmamakla birlikte çalışmamızda ele alınan finansal analiz ve raporlama işi kapsamında konsantrasyona etkisi nedeniyle önemli görülmüş ve her bir gürültü düzeyine Tablo 10'da verildiği gibi çarpanlar atanmıştır. Birden fazla gürültü kaynağının olduğu ortamlarda Eşitlik (6)'dan yararlanarak ortalama gürültü düzeyi hesaplanmaktadır.

$$Leq = 10 \log \left[10^{\frac{Leq1}{10}} + 10^{\frac{Leq2}{10}} \right] \quad (6)$$

Ofis ortamında çalışanlar çok yüksek seviyelerde gürültüye maruz kalmamaktadır. Bu nedenle çevresel etki çarpanı atanırken yüksek iş yükü yaratmayacak şekilde Tablo 10'da belirlenen kısıtlar kapsamında kendi içinde kıyaslamalı olarak (1'in üstüne çıkmamak üzere) artış azalış göstermektedir.

Tablo 10. Çevresel Etki Çarpanı (EEM)

Gürültü Tanımı	Gürültü Seviyesi (dB)	İç Gürültü							
		Kağıt Hıçırtsı	Fısıldaşma	Sessiz Ofis	3 Çalışanlı Ofis	10 Çalışanlı Ofis	50 Çalışanlı Ofis	Telefon Sesi	
		15-20	25-30	40-50	55	60	65	65-70	
Dış Gürültü	Sessiz Bölge	30-40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,87
	Cam kapalıyken sokak gürültüsü	45-65	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,87	0,90
	Cam kapalıyken ana yol gürültüsü	60-80	0,75	0,75	0,80	0,85	0,87	0,90	0,95

Bilişsel Yanlılık Sabiti (BC):

İnsan algısına dayanan durumlar genellikle rasyonelden uzaklaşarak farklılıklar göstermektedir.

Bu durumlar, bilişsel önyargı olarak tanımlanır. Bilişsel önyargı optimum olmayan sonuçlara neden olan yargılayıcı hatalar içermektedir (Tomak, 2011). Bu nedenle denkleminizdeki kişisel yargılardan meydana gelebilecek yanılma miktarını dengelemek amacıyla yanlılık sabiti belirlenmiştir. Belirsiz durumlarda oluşan bilişsel limitlerin üstesinden gelemeye yardımcı olacağı düşünülen yanlılık kavramının analiz sonuçlarını daha esnek hale getireceği düşünülmektedir (Winterfeldt ve Edwards, 1986). Bilişsel Yanlılık Sabiti Eşitlik (7)'de verildiği gibi 0,85'dir.

$$BC = 0,85 \quad (7)$$

İşin Bilişsel Çarpanı (CTM):

Bilişsel ağırlıklı iş özellikleri incelendiğinde birçok alt faktörün iş özelliklerinin oluşmasında etkili olduğu görülmektedir. Çalışmamıza örneklem olarak alınan işin bilişsel ağırlığının belirlenmesi için zorluk derecesi, kişinin karakterine uygunluğu ve işin motivasyon karakteri incelenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarında işlere atanan çarpanlar; anketler, gözlemler ve uygulamalarla Eşitlik 8'deki gibi elde edilmiştir. İşin bilişsel çarpanının 1'e eşit olması iş yükü açısından uygunluğa işaret ederken, 1'den yüksek hesaplanması olumsuz değerlendirilmektedir.

Tablo 11. İşin Motivasyon Çarpanı

Potansiyel Motivasyon Skoru	Potansiyel Motivasyon Çarpanı (PMM)
$125 \leq x < 64$	1
$64 \leq x < 27$	0,90
$27 \leq x < 8$	0,50
$8 \leq x < 0$	0,20

Tablo 12. İşin Zorluk Çarpanı

		İşin Zorluk Çarpanı (TDM)			
		İşin Zorluk Seviyesi			
		Bilgi	İyi	Orta	Kötü
Büyük Şirketlerin Analizi	Ekstra İş Gerektiren	Kısıtlı	0,95	0,97	0,99
		Biraz	0,90	0,93	0,95
		Çok Fazla	0,80	0,85	0,90
	Ekstra İş Gerektirmeyen	Kısıtlı	0,75	0,82	0,89
		Biraz	0,73	0,80	0,85
		Çok Fazla	0,65	0,70	0,77
Orta Ölçekli Şirketlerin Analizi	Ekstra İş Gerektiren	Kısıtlı	0,75	0,85	0,90
		Biraz	0,70	0,80	0,88
		Çok Fazla	0,65	0,75	0,78
	Ekstra İş Gerektirmeyen	Kısıtlı	0,55	0,73	0,75
		Biraz	0,50	0,70	0,74
		Çok Fazla	0,45	0,60	0,70

Tablo 13. Çalışanın Karakter Çarpanı

Karakter Çarpanı (CM)			
		İşin Zorluk Seviyesi	
Çalışanın Karakteri	İyi	Orta	Zayıf
İçedönük Kişilik	0,65	0,75	1
Dışadönük Kişilik	1	0,75	0,65

$$CTM = \frac{TDM}{PMM} \times CM(8)$$

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen tüm etkenler dikkate alınarak, bilişsel ağırlıklı görevlerde çalışanın

bilişsel işyükünü ortaya çıkarmaya yönelik Bilişsel İşyükü Denklemi Eşitlik (9)'da şöyle tanımlanmıştır;

$$CWI = SM \times GM \times DM \times FM \times PEM \times CEM \times CLM \times EEM \times BC \times CTM(9)$$

Örneklem dahilinde hesaplanan bilişsel iş yüklerine göre 'uygun', 'kabul edilebilir' ve 'kabul edilemez' şeklinde kategorilere ayrılmak üzere SPSS'te K-Means Kümeleme Algoritması ile kümeleme yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde, bir çalışan için hesaplanan bilişsel iş yükü indeksi 2'ye eşit ya da 2'den küçükse maruz kaldığı iş yükü seviyesi kabul edilebilir seviyelerdedir. Hesaplanan indeks 2'den uzaklaştıkça maruz kalınan iş yükü seviyesi artış gösterecektir. İş yükü indeksi 2 - 4 arasında değişim gösteriyorsa, çalışan mevcut işi gerçekleştirmek için uygun olmamakla birlikte, maruz kalınan bilişsel iş yükü sistem iyileştirilmeleriyle 'kabul edilebilir' seviyelere getirilebilecektir. 4'ün üstünde hesaplanan iş yükü seviyesi ise kesinlikle kabul edilemeyecek derecede yüksektir.

4.2. Uygulamalı Bir Örnek ve Sonuçlar

Ergonomi alanındaki çalışmalar incelendiğinde, bilişsel ergonominin önemli bir yere sahip olduğu, ancak bu alanda yapılan çalışmaların tek bir ölçüm tekniğinde sınırlı kaldığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmalarda, ya öznel teknikler (NASA-TLX vb.) ya da fizyolojik ölçüm teknikleri (Kırpıştırma hızı, kalp atış hızı vb.) tek başına kullanılarak işyükü seviyesi belirlenmiştir. Şimdiye kadar, bir işi gerçekleştirirken meydana gelecek bilişsel işyüküne etki edebilecek faktörlerin tüm yönleriyle ele alınarak sayısal olarak analiz edildiği bir çalışma yapılmadığı görülmektedir.

Geliştirilen bu denklem bilişsel işyükünün tüm yönleriyle ele alınarak tahmin edilmesinde kullanılacak yeni bir teknik olması nedeniyle önem arz etmektedir. Bu denklem, ofis çalışanları tarafından gerçekleştirilen bilişsel işyükü ağırlıklı farklı görevler için de kullanılabilir ancak, yapılan işin özellikleri ve gereksinimlerine göre denkleme etki edecek parametre ve katsayılar da değişiklikler yapılması ihtiyacı duyulacaktır. Geliştirilen bu yeni tekniğin bilişsel işyükünün ölçülmesine yeni bir yol olacağı düşünülmektedir.

4.3. Örnek vaka

Aylık 10 adet rapor yazma hedefiyle raporlama işinde çalışan 27 yaşında, bayan bir ofis çalışanın, içine kapanık bir karaktere sahip olduğu bilinmektedir. Yapılan zaman etütleri neticesinde ilgili raporlama

işinin birim standart zamanı 16 saat olduğu hesaplanmıştır.

$$\text{Standart zaman} = \frac{20 \text{ gün} \times 8 \text{ saat}}{10 \text{ rapor (hedef iş)}} \times \%100 = 16 \text{ saat}$$

Söz konusu çalışanın geçen yıl işinde göstermiş olduğu ortalama performans seviyesi orta derecedir. Aylık ortalama 10 adet rapor hazırladığı tespit edilmiştir. Ayrıca çalışanın her bir raporu ortalama tamamlama süresi 19 saatte olarak hesaplanmıştır. Çalışanın bilişsel yeteneklerini test etmek amacıyla Design Tool yazılımının bilişsel analiz testleri kullanılmıştır. Uygulanan test sonuçları tarafımızda tayin edilmiş olması gereken değerlere yakın ancak bu değerlerden düşüktür. Kişi 'Rating Scale Mental Effort' anket sonuçlarına göre çalışırken fazla efor harcadığını düşünmektedir. Bunun yanı sıra çalışanın Minnesota İş Memnuniyet anketine göre hissettiği memnuniyet derecesi 2,5 olarak hesaplanmıştır. Çalışandan işi gerçekleştirirken alınan fizyolojik değerler; ortalama bağıl basınç (kPA) 1,244, ortalama voltaj (mV) 1,061, kalp atış değişkeni (atış/dakika) 155,87 olarak ölçülmüştür. Söz konusu değerler sağlıklı bir çalışanda olması gereken değerlere yakın ancak bu değerlerin üzerindedir. Kişi büyük açık bir ofiste 15 kişi ile birlikte çalışmaktadır. Bina ana cadde üzerinde bulunmaktadır. Ofiste genellikle telefon sesleri oluşmaktadır. Kişinin gerçekleştirdiği işe yönelik potansiyel motivasyon skorunun katsayısı ise uygulanan İş Teşhis Anketi'nden elde edilen sonuçlara göre 1 olarak hesaplanmıştır.

Çalışanın ele alınan iş tanımı, fazla uğraş gerektiren büyük bir şirketin raporlama işi 'zayıf' olarak tanımlanmıştır. Gerçekleştiren çalışanın işi tamamlaması için gerekli bilgilere erişimi kısıtlı ancak işi gerçekleştirmeye engel değildir (iş için gerekli bilgilere erişim makul düzeydedir). Bu koşullarda, çalışanın söz konusu işi gerçekleştirirken maruz kaldığı tahmini bilişsel işyükü seviyesinin hesaplanmasında çalışandan elde edilen verilere göre işyüküne etki eden her bir değişken için ilgili çarpanlar tablo ve formüllerden tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonrası çalışanın tahmini bilişsel işyükü seviyesi 3,0541 olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara ilişkin analiz tablosu Ek-1'de yer almaktadır.

Çalışanın hesaplanan tahmini bilişsel işyükü seviyesi (3,0541) olması gereken seviyelerden (beklenen iş yükü indeksi 2) yüksek hesaplanmıştır. Ancak, hesaplanan indeks 2 ile 4 arasında olduğundan, zorunlu kalındığı takdirde (personel eksikliği vb. durumlarda) kişinin söz konusu işi gerçekleştirmek üzere istihdam edilmesinin kabul edilebilir olduğu düşünülmektedir. Çalışanın ilgili işte görevlendirilmesi durumunda, tahmini bilişsel işyükünün azaltılmasına yönelik bilişsel iş yükü denklemi dahilinde yüksek hesaplanan çarpanlara ilişkin bazı öneriler şöyledir;

1. Çalışanın bilişsel yeteneklerine ilişkin test sonuçları istenilen seviyelerin altında hesaplanmıştır. Bu durumun toplam bilişsel işyüküne olumsuz etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışanın işi gerçekleştirmek için gerekli olan çeşitli eğitimleri (yoğunlukla kullanılan bilgisayar uygulamaları, finansal analiz vb eğitimler) alması bilişsel yeteneklerini geliştirerek işyükünün azaltılmasında etkili olacaktır. Çalışan bilişsel yeteneklerini geliştirdiği takdirde, işini gerçekleştirmeye yetecek esnekliği sağlayacak ve bu durumda iş verimliliği artacaktır.
2. Çalışanın iş memnuniyet çarpanı yüksek hesaplanmıştır. Bu durumda kişinin işinden memnun olmaması durumunun işyüküne olumsuz etki yarattığı düşünülmektedir. Kişinin memnun olmama sebepleri araştırılmalı, eğer mümkünse, memnuniyet algısını arttırmaya yönelik iyileştirmeler yapılmalıdır.
3. Çalışanın işi belirlenen periyotta gerçekleştirme sıklığını gösteren frekans çarpanı yüksek hesaplanmıştır. Bu çarpanın yüksek hesaplanması, standartlarla kıyaslandığında harcanan zamana göre hazırlanan rapor adedinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Çalışanın zamanı verimli kullanamamasının nedenleri araştırılmalı ve çalışan planlı bir şekilde çalışmaya teşvik edilmelidir.
4. Son olarak, çalışanın fizyolojik ölçüm değerleri olması gereken değerlerden farklı ölçülmüştür. Bu nedenle, çalışana detaylı bir sağlık kontrolü yapılması, daha sonra çıkan sonuçlara göre testlerin tekrar edilmesi önerilmektedir.

5. Sonuç ve Tartışma

Çalışmamız kapsamında yapılan durum analizlerinin sonuçları dikkate alındığında yapılan işin özellikleri ve literatür çalışmaları çerçevesinde belirlenen, bilişsel işyükünün oluşmasında etki eden faktörler her durum için farklılık göstermektedir. Banka çalışanları için müşterinin finansal analizleri ve raporlama işlerinin meydana getirdiği bilişsel işyükünün belirlenmesinde el-göz koordinasyonu, hafıza, hızlı karar verme gibi bilişsel yetenekler en etkili faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yapılan işin zorluk derecesi ve motivasyon seviyesi de bilişsel işyükünün belirlenmesinde önemli unsurlardır.

Sonuçlara göre, cinsiyet ve çevresel faktörlerin hesaplanan bilişsel işyükü üzerinde hafif etkisi bulunmaktadır. Maruz kalınan bilişsel işyükünün cinsiyete göre önemli belirleyici bir değişiklik göstermediği kanıtlanmıştır. Ayrıca, ele alınan ofis çalışma ortamında aşırı bir gürültüye maruz kalmayan çalışanların hissettikleri gürültü seviyesinin birbirlerine yakın seviyelerdedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Gaziantep Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: MF.11.12.

Conflict of Interest/Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

KAYNAKLAR

Appelhans, B. M. ve Luecken, L. J. 2006. Heart Rate Variability as an Index of Regulated Emotional Responding. *Review of General Psychology*, 10, 229-240.

Babayiğit, M. A. ve Kurt M. 2013. *Hospital Ergonomics*. İstanbul Tıp Dergisi, 14, 153-159.

Balat, Ş. ve Ok, Hanife. 2013. Workload Analysis of Floor Secretaries in Inpatient Floors. *Muş Alparslan University Journal of Science* 1(2).

Batmaz, İ. ve Öztürk, M. 2008. Using Pupil Diameter Changes for Measuring Mental Workload under Mental Processing. *Journal of Applied Sciences* 8(1), 68-76.

Bulut, K. ve Soylu B. 2009. Öğretim Üyelerinin İşyükü Seviyelerinin Bir Analitik Ağ Modeli İle Değerlendirilmesi: Mühendislik Fakültesinde Bir Uygulama. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 25, 150-167.

Chang, T. W., Hsu, J. M. ve Yu, P. T. 2011. A Comparison of Single- and Dual-Screen Environment in Programming Language: Cognitive Loads and Learning Effects. *International Forum of Educational Technology & Society (IFETS)* 14(2), 188-200.

Cinaz, B., vd. 2013. Monitoring of mental workload levels during an everyday life office-work scenario. *Personal and Ubiquitous Computing* 17(2), 229-239.

Craven, P. L. vd. 2009. Cognitive Workload Gauge Development: Comparison of Real-time Classification Methods.

Çoban, H. 2014. İş Tatmini. 12 Temmuz 2015'te <http://www.iktisadi.org/is-tatmini.html> adresinden alınmıştır.

Dağdeviren, M., Eraslan, E. ve Kurt, M. 2005. A Model to Determine Overall Workload Level of Workers and Its Applications. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi University* 4(20), 517-525.

De Waard, D. 1996. The measurement of drivers' mental workload. (PhD Thesis). University of Groningen, Haren, The Netherlands.

Duru, H. A., Ermiş A., Akay D. ve Kurt M. 2008. Bilgisayar Sektöründe Öznel Bir Yöntemle (NASA-TLX) Zihinsel İşyükünün Ölçülmesi. *JESTECH - Karabük Üniversitesi, Uluslararası Uygulamalı Mühendislik Dergisi*, 8(2), 173-180.

Embrey, Dr. D., Blackett, Dr. C., Marsden, Dr. P. ve Peachey J. 2006. Human Cognitive Workload Assesment Tool. MCA Final Report, Human Reliability Associates.

Farmer, E. vd. 2003. Cognitive Streaming Project - Prevention of Performance Impairment. CARE Innovation.

Frasch, M. G. 2013. Cognitive Performance and Heart Rate Variability: The Influence of Fitness Level. 8(2)

<http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info:doi/10.1371/journal.pone.0056935&representation=PDF> adresinden alınmıştır.

Gevens, A. ve Smith, M. E. 2010. Neurophysiological Measures of Cognitive Workload During Human-Computer Interaction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science* ISSN, 4(1-2), 113-131.

Haapalainen, E., SeungJun, K. ve Forlizzi, J. F. 2010. Psycho-Physiological Measures for Assessing Cognitive Load. *UbiComp 2010: Ubiquitous Computing, 12th International Conference*. Copenhagen, Denmark, 301-310.

Hannula, M., Huttunen, K., Koskelo, J., Laitinen, T. ve Leino, T. 2008. Comparison between artificial neural network and multilinear regression models in an evaluation of cognitive workload in a flight simulator. *Computers in Biology and Medicine* 38(11-12), 1163-1170.

Hansen, A. L., Johnsen B. H., ve Thayer, J. F. 2013. Relation Between Heart Rate Variability and Cognitive Function During Threat of Shock. *Anxiety, Stress and Coping: An International Journal*, 22(1), 77-89.

Hansen, A.L. Johnsen, B. H., Sollers, J. J., Stenvik, K. ve Thayer J. F. 2004. Heart Rate Variability and Its Relation to Prefrontal Cognitive Function: The Effects of Training and Detraining. *Eur J Appl Physiol*, 93(3), 263-272.

- Hart, S.G., ve Stavelandi, L.E. 1988. Human mental workload. Development of a multi-dimensional workload rating scale: Results of empirical and theoretical research, Amsterdam, The Netherlands.: P. A. Hancock & N. Meshkati,139-183.
- Hjortskov, N., Rissen B., Blangsted A.K., Fallentin N., Lundberg U., ve Sogaard K. (2014). The Effect of Mental Stress on Heart Rate Variability and Blood Pressure during Computer Work. *Eur J Appl Physiol - Copenhagen, Denmark*, 92(1-2), 84-89.
- Kablan, Z. 2007. Learning Approaches Based on Cognitive Load Theory. Temmuz 2015'te <http://zkablan.blogcu.com/bilisel-yuk-kuramina-dayanan-ogretim-arastirmalari/1772328> adresinden alınmıştır.
- Kalay, F., Şimşek, M. Ş. ve Oğrak, A. 2013. Effects of Information Technology Job stress: An Application in the Turkish Banking Sector. *Kilis Üniversitesi İktisat ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1).
- Karadağ, M. ve Cankul, İ. H. 2015. The Evaluation of Mental Workload in Physicians. *International Journal of Social Science Studies*, 35, 361-370.
- Kılıçer, K., Çoklar, A. N. ve Odabaşı, H. F. 2007. The Design of Technology Based Multimedia Applications: Cognitive Ergonomics. The Proceedings of 7th International Educational Technology Conference. Kıbrıs.
- Lahlou, S. 2011. Observing Cognitive Work in Offices. In: Streitz, Norbert and Siegel, J and Hartkopf, V and Konomi, S, (eds.) *Cooperative Buildings. Integrating information, organizations and architecture. Lecture notes in computer science*, Springer, Berlin: LSE- The London School of Economics and Political Science, 150-163.
- Luft C. D., Takase E. ve Darby D. 2009. Heart rate variability and cognitive function: effects of physical effort. *Biological Psychology*, 82(2), 186-191.
- Mazaeva, N., Ntuen, C. ve Lebyy, G. 2001. Self-Organizing Map (SOM) Model for Mental Workload Classification. IEEE.
- Meshkati, N. 1988. Heart Rate Variability and Mental Workload Assessment. *Human Mental Workload*, North-Holland: Elsevier Science Publishers B.V.
- Miller, S. 2011. Literature Review - Workload Measures. Iowa City: The University of Iowa - National Advanced Driving Simulator.
- Niebel, B. W. 2009. *Niebel's Methods, Standards and Work Design*. McGraw-Hill Higher Education.
- Ntuen, C. A. ve Li, R. 1999. A Neural Network Model for Human Workload Simulation in Complex Human-Machine System. Greenboro, NC: U.S Air Force Crew System Laboratory.
- Ordukaya, H. 2015. Physical Workload and Ergonomics. Temmuz 2015'te <https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/fiziksel-is-yuku-ve-ergonomi/214> adresinden alınmıştır.
- Paas, FG., 1992. Training strategiesforattaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-loadapproach, *Journal of educationalpsychology*, 84 (4), 429-434.
- PASCO. 1996-2015. Temmuz 2015'te <http://www.pasco.com/glx/> adresinden alınmıştır.
- PASCO. 2015. Respiration Rate Sensor - Instruction Sheet. Temmuz 2015'te [ftp://ftp.pasco.com/support/Documents/English/PS/PS-2133/Respiration%20Rate%20Sensor%20Mnl%20\(PS-2133\).pdf](ftp://ftp.pasco.com/support/Documents/English/PS/PS-2133/Respiration%20Rate%20Sensor%20Mnl%20(PS-2133).pdf) adresinden alınmıştır.
- Schvaneveldt, R. W., Gomez R. L. ve Reid, G. B. 1997. Modeling Mental Workload. *Armstrong Laboratories, Wright-Patterson AFB*.
- Tomak, S. 2011. Entrepreneurship and Cognitive Biases. *Journal of Entrepreneurship and Development*, 1(6), 72-95.
- Tor, S. S. 2011. Örgütlerde İş Tatminini Etkileyen Demografik Faktörler Ve Verimlilik: Karaman Gıda Sektöründe Bir Uygulama. Karaman: Karamanoğlu Mehmetbey University, Institute of Social Sciences.
- Winterfeldt, D. V. ve Edwards, W. (1986). *Decision Analysis and Behavioral Research*. Newyork: Cambridge University Press.
- Yamuroğlu, Z., Günaydın, H. M., ve Kale, S. 2011. İş Gereksinim Analizi Yönteminin İş Güvenliği Bağlamında İncelenmesi. 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu. Çanakkale.
- Yang, G. ve Lin, Y. 2009. Using ECG Signal to Quantify Mental Workload Based on Wavelet. *Biomedical Soft Computing and Human Sciences*, 14(2), 17-25.

Yelboğa A. (2008). İnsan Kaynakları Bölümünde Çalışanların İş Doyumlarındaki Farklılıkların İncelenmesi. Yönetim, 19(61).

EK-1

BİLİŞSEL İŞ YÜKÜ ANALİZ TABLOSU					
<p>Sektör: <u>Finans</u></p> <p>Alan: <u>Bankacılık Faaliyetleri/Kredibilite Analizi-Raporlama</u></p> <p>Personelin Yaşı: <u>27</u></p> <p>Personelin Cinsiyeti: <u>Kadın</u></p>	<p>İş Tanımı: <u>Ticari müşterilerin kredibilitesinin ve mali yapılarının incelenmesi. Mevcut durumlarının analiz edilerek raporlanması. Kredi notlarının tavin edilmesi</u></p> <p>İş Zorluğu: <u>Zayıf (Yüksek)</u></p>				
<p>AŞAMA 1. Dışsal Bilişsel Değişkenlerin Hesaplanması</p> <p>Bilişsel Yanlılık Sabiti (BC) = 0,85</p> <p>Çevresel Etki Çarpanı (EEM) = 0,95 (Tablo 10)</p> <p>İşin Bilişsel Çarpanı: $(CTM) = \frac{\text{Task Difficulty level}}{\text{PMM}} \times CM = \frac{0,95}{1} \times 1 = 0,95$ (Tablo 11-12-13)</p>					
<p>AŞAMA 2. İçsel Bilişsel Değişkenlerin Hesaplanması</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>Cinsiyet Çarpanı (GM) (Tablo 4)</td> <td>Bilişsel Öğrenme Çarpanı (CLM) (Tablo 9)</td> </tr> <tr> <td>0,99</td> <td>0,7</td> </tr> </table> <p>Fizyolojik Faktörler Çarpanı: $PEM = HRM \times HVM \times RRM$ (tablodan) 1,953 (Tablo 5-6-7) $= 1,25 \times 1,25 \times 1,25$</p> <p>Memnuniyet Çarpanı: (Tablo 2-3) $SM = \frac{\text{Yaşa Bağlı Memnuniyet Çarpanı}}{\text{Hissedilen Memnuniyet Çarpanı}} = 1,5$</p> <p>Zaman Çarpanı: $DM = \frac{\text{Standart Zaman}}{\text{Normal Zaman}} = \frac{16}{19} = 0,8421$</p> <p>Bilişsel Test Çarpanı (CEM): 1,9988 $CEM = SRM \times CRM \times PM \times FM \times SMM \times SM \times VM$ (Tablo 8) $1,104 \times 1,104 \times 1,104 \times 1,104 \times 1,104 \times 1,104 \times 1,104$</p> <p>Frekans Çarpanı: $FM = \frac{\text{Harcanan süre} \times \text{Rapor adedi}}{\text{Toplam çalışma süresi}} = 1,165$ $1 + \frac{\text{Harcanan süre} - \text{Rapor adedi}}{\text{Toplam çalışma süresi}}$</p>		Cinsiyet Çarpanı (GM) (Tablo 4)	Bilişsel Öğrenme Çarpanı (CLM) (Tablo 9)	0,99	0,7
Cinsiyet Çarpanı (GM) (Tablo 4)	Bilişsel Öğrenme Çarpanı (CLM) (Tablo 9)				
0,99	0,7				
<p>AŞAMA 3. BİLİŞSEL İŞ YÜKÜ İNDEKSİNİN (CWI) Hesaplanması</p> <p>CWI=SM×DM× CTM×FM ×GM ×CLM ×CEM ×PEM× EEM ×BC</p> <p>$CWI=1,5 \times 0,8421 \times 0,95 \times 1,165 \times 0,99 \times 0,7 \times 1,9988 \times 1,953 \times 0,95 \times 0,85$</p> <p style="text-align: right;">CWI = 3,0541</p>					