

Makale Geçmişi / Article History

Alındı/Received: 21.11.2024

Düzeltilme Alındı/Received in revised form: 17.03.2025

Kabul edildi/Accepted: 13.04.2025

**YÜRÜTÜCÜ İŞLEV BECERİSİNİ ÖLÇMEDE N-GERİ GÖREVİ YAZILIMI:
BEYİN ATÖLYESİ + DUYGUSAL UYARANLAR***

Adem Özgür¹, Şeyma Çağlar Özhan², Perihan Tekeli³, Vildan Özeke⁴, Arif Altun⁵

Öz

Yürütücü işlev becerilerini (YİB) veya bileşenleri olan engelleme, değişim ve güncelleme performanslarını belirlemek için n-geri gibi çeşitli bilgisayar tabanlı testler kullanılmaktadır. Bununla birlikte YİB performansını etkileyen yapılardan bir tanesi de duygulardır. N-geri görevlerinde de duygusal yüz ifadelerinin (duygu uyaranlarının) görev performansına ilişkin etkisi son yıllarda öne çıkmaktadır. Bu çalışmada duygu uyaranlı bir n-geri görevi üzerinden YİB performanslarının ölçülmesi ve n-geri görevinde performansındaki değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Hali hazırda kullanılan çoklu ortam tabanlı n-geri görevi Türkçeye çevrilmiş ve duygusal yüz ifadeleri eklenerek 202 üniversite öğrencisine farklı kombinasyonlarla uygulanmıştır. Buna göre; ses 1-geri ve duygu 1-geri görevleri arasında, ses 2-geri ve duygu 2-geri görevleri arasında duygu görevlerinde düşük puan alındığı görülmüştür. Sadece ses, sadece duygu, eşzamanlı ses+duygu uyaranlarının olduğu 2-geri görevlerinde 1-geriye göre daha düşük puan alınmıştır. Ses+duygu 2-geri görevi 2 kez uygulanmış ve oturumlar arası anlamlı bir fark çıkmamıştır. Ses+duygu 2-geri görevi puanına göre oluşan düşük, orta ve yüksek grupların YİB performans puanlarının anlamlı olarak farklılaştığı bulunurken, bu gruplardaki bireylerin cinsiyet açısından farklılaşmadığı bulunmuştur. Sonuçlara göre duygusal n-geri görevinin YİB'in ölçümünde kullanımı tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: yürütücü işlev; n-geri görevi; duygusal uyaran; duygusal uyaran eşleme.

Yasal İzinler: Hacettepe Üniversitesi Gelişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu, Tarih: 22.09.2020, Sayı: 16969557-1405.

* Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 'Öğretmen Adaylarının Yürütücü İşlev Becerilerinin Ayrık Duygular ile Etkileşiminin Bilgisayar Simülasyonu Ortamında İncelenmesi' başlıklı proje kapsamında desteklenmiştir (Hibe No: 122K483).

¹ Dr., Uşak Üniversitesi, adem.ozgur@usak.edu.tr, orcid.org/0000-0003-2019-2014

² Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, seymaaglar9@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0106-6285

³ Dr., Hacettepe Üniversitesi, perihantekeli@hacettepe.edu.tr, orcid.org/0000-0001-7831-9693

⁴ Doç. Dr., Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, vildancevik@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1827-1258

⁵ Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, altunar@hacettepe.edu.tr, orcid.org/0000-0003-4060-6157

N-BACK TASK SOFTWARE FOR MEASURING EXECUTIVE FUNCTION SKILLS: BRAIN WORKSHOP + EMOTIONAL STIMULI*

Abstract

Various computer-based tests, such as n-back, are used in research to determine executive function skills (EFSes) or its components, namely inhibition, shifting and updating performances. However, one of the constructs that affect executive function performance is emotions. In this study, we aimed to measure EFS performance through an n-back task with emotional stimuli and to determine the change in performance on the n-backward task. The currently used multimedia-based n-back task was translated into Turkish and emotional facial expressions were added and applied to 202 undergraduate students with different combinations. Accordingly, low scores were obtained in emotion tasks between voice 1-back and emotion 1-back tasks, and between voice 2-back and emotion 2-back tasks. In the 2-back tasks with only voice, only emotion, and simultaneous voice+emotion stimuli, lower scores were obtained compared to the 1-back tasks. The sound+emotion 2-back task was applied twice and there was no significant difference between the sessions. It was found that the scores of the low, medium and high groups formed according to the sound+emotion 2-back task score differed significantly, while the individuals in these groups did not differ in terms of gender. According to the results, the use of the emotional n-back task in the measurement of EFP was discussed.

Keywords: executive function; n-back task; emotional stimuli; emotional stimuli mapping.

Legal Permissions: Hacettepe University Non-Developmental Clinical Research Ethics Committee, Date: 22.09.2020, Number: 16969557-1405.

Summary

In the learning process, learner emotions should be considered together with cognitive and behavioural aspects (Haergreves, 1998). Executive function skills (EFSes), which are important cognitive processes in learning, interact with emotions. EFSes are skills that make it possible to maintain attention, including reasoning, problem solving, thinking about past experiences and planning for the future (Zelazo et al., 2016). Emotional state affects executive functioning skills (Fried, et al., 2015). For example, it is argued that negative emotions may reduce the capacity of working memory, which is one of the executive functions (Linnenbrink & Pintrich, 2002). In addition, there are important relationships between emotional processes and subcomponents of executive functions. While working memory is negatively affected by anxiety, frustration, pride and negative emotions (Bi et al., 2022; Hongmei et al., 2022; Lavric et al., 2003; Li et al., 2010), positive emotions increase working memory capacity (Gökçe et al., 2021). It is emphasized that cognitive flexibility is restricted by pride and shame emotions (Bi, Ma, Abulaiti, et al., 2022; Bi, Ma & Tao, 2022), and the inhibition capacity component is weakened by emotions such as pride and sadness (Bi et al., 2022; Gil et al., 2022; Mohammed et al., 2022).

* This study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) within the scope of the project titled 'Investigation of the Interaction of Executive Function Skills of Prospective Teachers with Discrete Emotions in a Computer Simulation Environment' (Grant No: 122K483).

The executive function skills (EFSes) of individuals are generally based on the measurement of the performance of individuals in fulfilling these tasks within the specified rules by giving some tasks. In these performances, updating, suppressing and switching performance are measured by determining. Wisconsin card matching test (Heaton & Staff, 1993), Flanker task (Rusnáková et al., 2011), Stop-Signal test (Aron, 2008), Stroop test, Go/No-Go Task and n-back task (Lawson & Mayer, 2024) are among the performance-based tasks used to measure these skills. In this context, n-back tasks, which are frequently used to determine working memory performance, are also used to determine EFS performance (Diamond, 2013; Lawson & Mayer, 2024).

The effect of emotional stimuli on cognitive performance has been investigated with various n-back tasks. Ladouceur et al. (2009) investigated n-back performances by placing positive, negative and neutral emotional facial expressions to the right and left of the stimuli with the EFNBACK (Emotional Face N-Back) task. Grissmann et al. (2017) Emoback (Emotional N-back) task measures performance by matching positive, negative and neutral facial expressions as direct stimuli. Hartling et al. (2021) used a different version of the Emoback task with emotional words.

The aim of this study is to introduce a data collection tool including emotional stimuli that can be used in the measurement of EFSes and working memory performance and to share suggestions for its use in research. Since it has been emphasised in the studies examining working memory performance and executive functioning skills that emotional stimuli provide a controlled orientation of attention and strengthen the neural representations of these stimuli, so that these stimuli are more consciously recognised and processed (Vuilleumier & Huang, 2009; Rodas et al., 2024); it is thought that a data collection tool that incorporates the effect of emotional stimuli on working memory and executive functioning skills will contribute to future research.

Brain Workshop (Brain Workshop v. 4.8.1) software was previously presented to the literature by Altun and Çevik (2012) to be used in the measurement of working memory. This software supports various audio, visual and location modalities and different combinations of these modalities and enables the organization of n-back tasks and data collection with these modalities. In this study, all components of the latest updated version of the Brain Workshop software (Brain Workshop v. 4.8.4) have been organized in Turkish and made ready for use on computers with Windows operating system by adding emotional stimuli.

The main purpose of EFS tasks is to match some objects according to certain rules. In this study, the n-back task was formed as a 2-back task involving visual and auditory modalities. Participants were expected to follow the visual information and auditory information of the object on successive screens, and if the two previous visual and/or auditory information matched, they were expected to press a certain key for visual and another key for auditory (Figure 1).

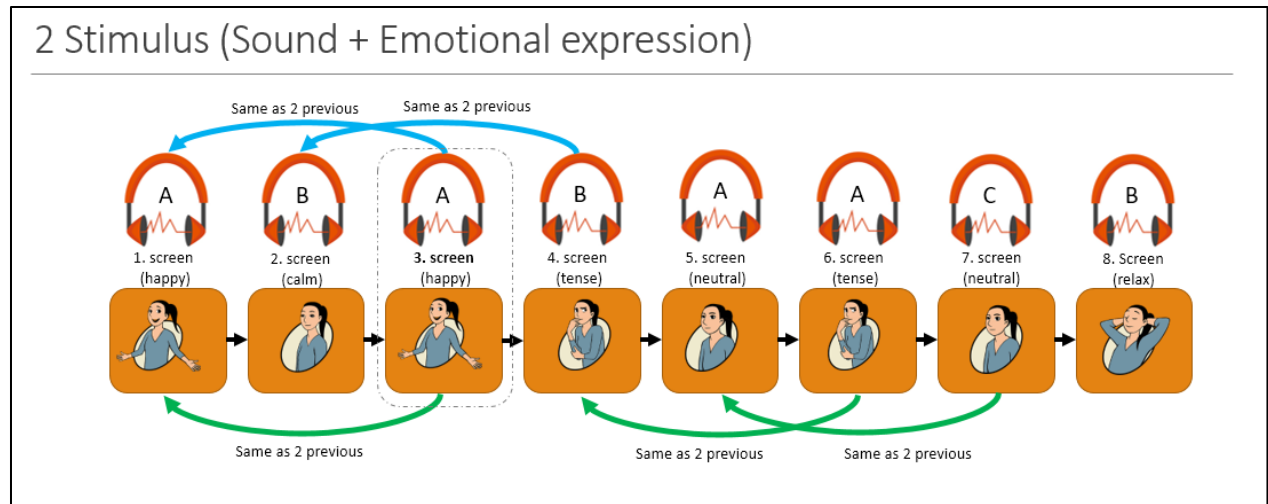


Figure 1. 2-back task with sound + emotion stimuli

Thus, on each screen, the participant is expected to update and compare the information in his/her memory, suppress an erroneous choice (Scharinger et al., 2015) and switch between the two modalities (Salminen et al., 2012). In the software, the trial period was set as 3 seconds. In the first 0.5 seconds, the visual stimulus was shown and the audio stimulus was given, and the user response was expected in the remaining 2.5 seconds.

202 undergraduate students participated in the study. The 13 tasks performed during the data collection process were divided into three subgroups: 1-back tasks, 2-back tasks and the last 2-back task. (Figure 2). In the 1-back tasks group, only 'sound', only 'emotion' and simultaneous 'sound + emotion' 1-back tasks were applied twice, respectively. Then, 2-back tasks were applied in the same order. The first application of each task type was treated as an exercise and was not included in the analysis process, and the result of the second application was used for the performance score. In the last 2-back task, the simultaneous 'sound + emotion' modality was presented as 2-back. The executive function skills performances were obtained based on the performance scores obtained from this last task (task 13).

1-back tasks

- Only sound 1-back (2 execution)
- Only emotion 1-back (2 execution)
- Sound + emotion 1-back (2 execution)

2-back tasks

- Only sound 2-back (2 execution)
- Only emotion 2-back (2 execution)
- Sound + emotion 2-back (2 execution)

Last 2-back task

Sound + emotion 2-backi (1 execution)

Figure 2. Data collection process for EFS

The calculation of the user's score from the task is shown in Formula 1. Scores are calculated separately for each stimulus. When the user completes each session, the session score for the stimulus or stimuli is recorded in the stats.txt file.

Formula 1. User's n-back task score calculation formula

$$\text{Score} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP} + \text{FN})$$

TP (True Positive)

FP (False Positive)

FN (False Negative)

Descriptive statistical analyses were performed on the performance scores obtained in the n-back task and the distribution of the participants according to these scores was examined (Table 1). Differences between participants' task performances were analysed with paired sample t-test.

Table 1. Descriptive statistics for n-back tasks

Task (Application Sequence)	N	Min	Max	$\bar{X}$	Sd
Sound 1-back (2. application)	202	0	100	88.24	24.51
Emotion 1-back (4. application)	202	0	100	81.33	29.31
Sound+Emotion 1-back (6. application)	202	0	100	68.87	24.66
Sound 2-back (8. application)	202	0	100	57.80	27.32
Emotion 2-back (10. application)	202	0	100	44.19	21.76
Sound+Emotion 2-back (12. application)	202	0	71	28.85	15.92
Sound+Emotion 2-back (13. application, Last 2-back)	202	0	80	30.97	14.74

The standard deviation approach was used to determine the low, medium and high groups in the N-back task performance, which was aimed to be used to determine an interindividual difference in EFS. Considering the simultaneous sound+emotion 2-back (last 2-back task) score; extreme values were not included in the study, participants from ± 1 standard deviation lower and upper groups were determined depending on the characteristics of the distribution and grouped as low/high according to EFS. Scores around the mean ($\bar{X} \pm 3$) were categorised as medium level. Then, one-way analysis of variance was performed to determine whether the difference between the scores of low, medium and high groups was significant. Finally, the EFS performance scores of the students in the low, medium and high groups according to gender were analysed with Mann Whitney U-test.

Table 2. Groups according to the performance of the EFS task (Sound+Emotion 2-Back)

Group	Score Range	2-back Score Range		N	$\bar{X}$	Sd
		Min	Max			
Whole group	$0 < X < 100$	0	80	202	31.24	14.74
Low group ($\bar{X} - 1\text{Sd}$)	$0 < X < 16.50$	0	16	30	10.88	4.55
Moderate group	$28.24 < X < 34.24$	29	33	30	31.03	1.58
High group ($\bar{X} + 1\text{Sd}$)	$45.98 < X < 100$	50	80	30	56.37	7.81

When 1-back and 2-back task performances were compared according to stimulus type (only sound, only emotion, sound+emotion), a decrease in performance was observed in 2-back tasks. As the task becomes more difficult, mental workload increases and performance

decreases. Grissmann et al. (2017) found similar results in 1-back and 2-back tasks with neutral and negative facial expression stimuli. In the context of EF, it can be stated that there is a loss in updating and inhibition performances. In addition, it can be stated that in the task with simultaneous sound+emotion stimuli, shift performance may decrease within the scope of the transition between stimuli. On the other hand, similar performance was shown in the sound+emotion 2-back tasks applied consecutively; the tasks were carried out similarly in terms of inhibition, shifting and updating.

The lower performance in emotion 1-back and 2-back tasks involving the mapping of emotional facial expressions than in sound 1-back and 2-back tasks involving the mapping of heard letters indicates that emotional stimuli are more challenging. Grissmann et al. (2017) stated that working memory is sensitive to emotional stimuli and that performance decreases especially in tasks with negative stimuli. Researchers also stated that the regions used in the processing of emotionally charged words and the regions activated in cognitive processes such as updating and inhibition overlap and compete for resource utilization (Kopf et al., 2013). This points to the importance of n-back tasks in determining how emotional stimuli affect EFS performance.

It was also found that the low, medium and high groups formed according to the EFS task differed significantly from each other. On the other hand, the n-back performances of the individuals in the groups did not differ in terms of gender. Grissom and Reyes (2018), examining gender differences in executive function, emphasized that there is no difference between the performances of men and women in situation determination studies, as in this study.

Recognizing emotions, naming emotions and reacting instantly is a very important skill in individuals' own lives while communicating and in social-emotional learning situations. Since the interaction between executive functioning skills and emotion is known to have an impact on social, academic, professional and daily life skills (Ribeiro et al., 2019), it is thought that this tool, in which emotional stimuli are added and executive functioning skills are measured, will be useful in future research.

Giriş

Öğrenme sürecinde duyguların bilişsel ve davranışsal durumlarla birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (Hargreaves, 1998). Duygularla etkileşimde olan ve öğretimi etkileyebileceği düşünülen bilişsel süreçlerden biri yürütücü işlev becerisi (YİB)'dir. YİB, amaca yönelik davranış, düşünce ve duyguların merkezinde yer alan, karar verme, sorun çözme, belleği kullanma gibi görevlerden sorumlu çeşitli bir dizi bilişsel yeteneği ifade eden şemsiye bir terimdir (Diamond, 2013). “*Dikkat düzenleme becerileri seti*” olarak tanımlanan YİB (Kamkar ve Morton, 2017); inhibitör kontrol (engelleme), bilişsel esneklik (değişim), ve çalışma belleği (güncelleme) bileşenlerini içermektedir (Zelazo vd., 2016; Gijsselaers vd., 2017). Bilişsel esneklik karşılaşılan bir durumda birden fazla şekilde düşünmeyi içerirken; çalışan bellek bilgileri akılda tutmayı ve onları bir anlamda manipüle etmeyi, engelleme kontrolü ise dikkat dağıtıcı bir uyarıyı göz ardı edebilme süreçlerini içerir (Patrawala, 2018). YİB; cinsiyet (Hussain, 2016), anne-babanın eğitim düzeyi (Ardila vd., 2016), bireyin öz düzenleme becerisi (Berthelsen vd., 2017) gibi pek çok faktörden etkilenmektedir.

Eğitim Teknolojisi alanı, bireylerin öğrenme süreçlerini ve performanslarını geliştirmek amacıyla problem analizi, çözüm üretmeye yönelik kaynak ve süreçlerin tasarımı, geliştirilmesi, uygulanması ve yönetimini kapsar (Association for Educational Communications & Technology, 2023). Bu alan, öğrenme ve performansı etkileyen duyuşsal, bilişsel ve motivasyonel faktörlere odaklanmaktadır. Son yıllarda sanal gerçeklik (Liu vd., 2025), sınıf simülasyonları (Çağlar-Özhan ve Altun, 2025), çoklu ortamla öğrenme materyalinde (Stark vd., 2018) ve dijital oyun ortamında (Hu vd., 2025) duyguların bilişsel ve üstbilişsel süreçlerle etkileşimi incelenmekte, bu ortamlarda duygu ve bilişsel süreçlerin sıkı bir şekilde ilişkili olduğu vurgulanmaktadır.

Duygu durumunun etkilediği değişkenlerden biri YİB'dir (Fried vd., 2015). Örneğin, YİB bileşenlerinden biri olan çalışma belleği kaygı, hayal kırıklığı, gurur ve negatif duygulardan olumsuz yönde etkilenmektedir (Bi, Ma, Abulaiti vd., 2022; Hongmei vd., 2022; Lavric vd., 2003; Li vd., 2010; Linnenbrink ve Pintrich, 2002). Öte yandan pozitif duyguların çalışma belleği kapasitesini artırdığı (Gökçe vd., 2021) bilinmektedir. Bilişsel esnekliğin gurur ve utanç duyguları tarafından kısıtlandığı (Bi, Ma, Abulaiti vd., 2022; Bi, Ma ve Tao, 2022), engelleme kapasitesi bileşeninin ise gurur ve üzüntü gibi duygular tarafından zayıflatıldığı vurgulanmaktadır (Bi, Ma ve Tao, 2022; Gil vd., 2022; Mohammed vd., 2022). Ayrıca bellek ve duygu arasındaki etkileşimi inceleyen Kensinger ve çalışma arkadaşları (2007), duygusal uyarıların nötr olanlara göre daha kolay hatırlandığını bulmuştur. Özetle, literatür incelendiğinde, YİB, bellek süreçleri ve duygular arasındaki güçlü ilişkiyi ve etkileri işaret eden çalışmalar görülmektedir (Bi, Ma, Abulaiti vd., 2022; Gökçe vd., 2021; Hongmei vd., 2022; Lavric vd., 2003; Li vd., 2010; King, 2020).

Yürütücü işlevlerin nöroanatomik yapısı büyük oranda beynin frontal lobları (Prefrontal Korteks) ile ilişkilidir (Guy ve Byrne, 2013). Ancak, verilen göreve uygun diğer beyin bölgeleri ile ilişkili bir ağ yapısı bulunmaktadır. Prefrontal korteks farklı alt bölgelere ayrılır ve her bir bölge farklı yürütücü işlevlerle ilişkilidir. Bunlar, (1) dorsolateral prefrontal korteks (DLPFC), ventromedial Prefrontal Korteks (VMPFC), ve (3) orbitofrontal korteks (OFC)dir. DLPFC, planlama, çalışma belleği, problem çözme ve bilişsel esneklik gibi yürütücü işlevlerin düzenlenmesinde (Çakır vd., 2011); VMPFC, karar verme, duygu düzenleme ve sosyal davranışların kontrolü; OFC ise, dürtü kontrolü ve ödül-ceza ilişkisine dayalı karar verme süreçlerinden sorumludur (Rolls, 2014). Ayrıca, anterior singulat korteks (ACC, dikkat kontrolü

ve hata algılama), Basal Ganglia (motor kontrolü ve yürütücü işlevlerin düzenlenmesi, görevlerin başlatılması, sürdürülmesi ve gerektiğinde durdurulması), Cerebellum (zamanlamayı düzenleme, dikkat süreçlerini yönetme ve duyuşsal geri bildirimler), parietal lob (uzamsal farkındalık ve bilgilerin entegrasyonu), hippocampus (bilgi depolama ve geri çağırma süreçleri), amigdala (duygusal süreçlerin yönetimi ve dürtü kontrolü) bölgeleri de yürütücü işlevlerin aktivasyonunda aktif olan diğer bölgelerdir (Beuriat vd., 2020; Robinson vd., 2015; Shultz ve Dunbar, 2010). YİB aktiviteleri, bu aktivitelerle ilişkili beyin bölgelerindeki aktivasyonun ölçülmesini sağlayan fNIRS, fMRI ve EEG gibi beyin görüntüleme teknikleri ile ölçümlenebilirken (Rosen vd., 2025); bu tekniklerle yüksek korelasyon gösterdiği bulunan YİB görevleri ile de ölçümlenebilmektedir (Diamond, 2013; Lawson ve Mayer, 2024).

Bu kapsamda YİB ile ilişkili beyin bölgesi aktivasyonlarıyla tutarlı ve ilişkili sonuç veren YİB görevlerinden bazıları Wisconsin kart eşleme testi (Heaton ve Staff, 1993; Lie vd., 2006), Stop-Signal test (Li vd., 2006; Aron, 2008), Flanker görevi (Rusnáková vd., 2011), Go/ No-Go Görevi (Abdul Rahman vd., 2017) ve n-geri görevi (Lawson ve Mayer, 2024) bu becerilerin ölçümü için kullanılan performans tabanlı görevlerdendir. Bu performanslarda, güncelleme, baskılama ve geçiş yapma performansı belirlenerek ölçümlenmektedir. Bu kapsamda çalışma belleği performansını belirlemede sıklıkla kullanılan n-geri görevleri YİB performansını belirlemede de kullanılmaktadır. YİB ile çalışma belleği arasında oldukça yüksek bir korelasyon ($r=0.97$) bulunmaktadır (McCabe vd., 2010).

Waris vd. (2017) n-geri görevi performansını yürütücü işlev kaynaklarını yansıttığını vurgulamaktadır. Soveri vd. (2018) n-geri görevinin YİB performansını belirlemede güvenilir olduğunu bulmuştur. Bu kapsamda birbirini takip eden sırada, ekranda görünen görsel/uzamsal bilgiyi ve duyulan işitsel bilgiyi takip etmesi ve belirlenen n sayısı kadar önceki görsel ve/veya işitsel bilgi eşleşiyorsa uyarı veya uyarılar için tuşa/tuşlara basması/basmaması beklenmektedir. Böylece her ekranda katılımcının belleğinde bilgiyi güncelleyerek karşılaştırması, hatalı bir tercih yapmasını engellemesi-baskılaması (Scharinger vd., 2015) ve iki modalite arasında geçişi yapması beklenmektedir (Salminen vd., 2012).

Alanyazında, duygusal yüz ifadeleri, duygu yüklü kelimeler gibi çeşitli duygusal uyarıların bilişsel performansa olan etkisi, çeşitli n-geri görevleriyle araştırılmaktadır. Ladouceur vd. (2009) EFNBACK (Emotional Face N-Back) göreviyle uyarıların sağına ve soluna olumlu, olumsuz ve nötr duygusal yüz ifadeleri yerleştirilerek n-geri performanslarını araştırmıştır. n-Geri görevlerinde sadece harf uyarı kullanılmakla birlikte, yük olarak 0-geri ve 2-geri kullanılmıştır. Harflerin sağ ve sol taraflarına duygusal yüz ifadeleri eklenmiştir. Özellikle genç ve yüksek kaygılı bireylerin ekranda olumsuz yüz ifadeleri olduğunda 2-geri tepki sürelerinin (dikkati kontrol işlemi) düşük kaygılı olanlara göre artış gösterdiğini bulmuştur. Grissmann vd. (2017) Emoback (Emotional N-back) görevi ile doğrudan uyarı olarak olumlu, olumsuz ve nötr değerliğe (valence) sahip görsellerin eşleştirilmesini içeren bir YİB performans testidir. Bu kapsamda her duygu grubu için 1-geri ve 2-geri görevleri uygulanmıştır. Sonuç olarak görev zorluğu arttıkça ve olumsuz duygusal resimlerin kullanıldığı durumlarda görevlerde performans düşüşü gözlenmiştir. Hartling vd. (2021) olumlu, olumsuz ve nötr duygusal kelimelerle oluşturulan n-geri (Emoback) görevinin beyinde dIPFC ve bilateral anterior insula bölgelerinde aktivasyonun arttığını, pgACC bölgesinde aktivasyonun azaldığını, amigdalada ise değişmediğini bulmuştur. Augusti vd. (2012) duygusal yüz ifadelerinin eşleştirilmesine dayalı emo-n-back görevini kullanmışlardır. Bu n-geri görevinde hedef, farklı kişilerin benzer yüz ifadeleriyle yansıttıkları duygularını (nötr, üzgün, mutlu ve korkulu) eşleştirmektir. Araştırmacılar mutlu yüz ifadelerinin daha hızlı eşleştirildiğini, üzgün olmak gibi

olumsuz değerlikli yüz ifadelerini eşleştirme doğruluğunda ise daha düşük performans gösterildiğini bulmuşlardır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde olumlu, olumsuz ve nötr duygusal değeriğe sahip yada mutlu, üzgün gibi duygusal kategorilerin YİB performansına etkisi incelenmiştir. Fakat farklı duygu durumlarının eklenmesinin de YİB performansı üzerinde etkili olabileceği bilindiğinden, mutlu ve üzgün yüz ifadelerinin yanı sıra; farklı kategorideki duyguların da entegre edildiği bir n-geri görevinin geliştirilmesinin faydalı olabileceği düşünülmüştür. Diğer taraftan, çalışmalarda n-geri görevi için kullanılan yazılımların ücretli ve deneylerin hazırlanmasının zahmetli olduğunu söylemek mümkündür. Bu kapsamda ücretsiz ve pratik bir yazılımın ileriki araştırmalar için faydalı olabilecektir.

Sonuç olarak, YİB öğrenme-öğretme süreçlerinde önemli bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır. Duygular ve cinsiyet ile ilişki olarak YİB performansları değişkenlik gösterebilmektedir. Çalışma belleği performansı ve YİB'i inceleyen araştırmalarda, duygusal uyarıların, dikkatin kontrollü bir şekilde yönlendirilmesini ve bu uyarıların sinirsel temsillerinin güçlendirilmesini sağladığı, böylece bu uyarıların bilinçli olarak daha fazla fark edilip işlendiği vurgulandığından (Rodas vd., 2024; Vuilleumier ve Huang, 2009); duygusal uyarıların, çalışma belleği ve YİB süreçlerindeki etkisini de işe koşan bir veri toplama aracının gelecekteki araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YİB performansının ölçümünde ve nöroanaotimik yapısını belirlemede kullanılan görevlerden bir tanesi de n-geri görevidir. Duygusal uyarıların eklendiği n-geri görevlerinin çeşitli beyin bölgelerini aktive ettiği, bunun da güncelleme ve engelleme performanslarını etkilediği bilinmektedir (Grissmann vd., 2017; Hartling vd., 2021). Literatürde duygusal uyarılarla desteklenen n-geri görevlerinin yalnızca pozitif-negatif uyarılara odaklanması; bu görevlere şaşkınlık, korku gibi kategorik duyguların eşleştirilmesine dayalı görevlerin entegre edilmemesi konusunda sınırlılıkları mevcuttur. Araçların ücretli olması ve açık kaynak kodlu olmaması sebebiyle de farklı uygulamalarda kullanılmasında yeterli esneklik sağlamadığı dikkat çekmektedir. Bu kapsamda bu çalışmanın temelde iki amacı vardır: (1) duygusal uyarıların eklendiği açık kaynak kodlu bir n-geri görevi yazılımı geliştirmek ve kullanımına yönelik öneriler ortaya koymak (2) bu aracı kullanarak görev zorluğu, uyarıların niteliği ve cinsiyete göre YİB performansının farklılaşma durumunu belirlemektir.

Bu doğrultuda aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır;

1. Sadece ses 1-geri ve 2-geri, sadece duygu 1-geri ve 2-geri, ses+duygu 1-geri ve 2-geri görevleri arasında bireylerin performansları farklılaşmakta mıdır?
2. Ses+duygu 2-geri görevinin iki farklı uygulaması arasında YİB puanları farklılaşmakta mıdır?
3. Uyarı türü açısından; ses 1-geri ve duygu 1-geri görevleri arasında YİB puanları ile sadece ses 2-geri ve sadece duygu 2-geri görevleri arasında YİB puanları farklılaşmakta mıdır?
4. Ses+duygu 2-geri YİB puanı kapsamında ortalama ve ± 1 standart sapma değerine göre oluşturulan düşük, orta ve yüksek grupların YİB puanları farklılaşmakta mıdır?
5. Düşük, orta ve yüksek gruplarda yer alan bireyler cinsiyet açısından farklılaşmakta mıdır?

Yöntem

Çalışmada öncelikle Beyin Atölyesi programı Türkçeye çevrilmiş ve yazılıma duygu uyarıları eklenmiştir. Yazılımın çalışması ve araştırmada kullanımına yönelik işlevsellik testi yapılmıştır. Çalışmada tüm katılımcılara (N=202) çeşitli uyaran türü (ses, duygu ve ses+duygu) ve n-geri değerlerinden (1 ve 2) oluşan görevler uygulanmıştır (Şekil 10). Bu görevlerden elde edilen performans farklılıklarını belirlemek için çıkarımsal ve betimsel istatistiklerden, merkezi yayılım ölçülerinden faydalanılmıştır (Fraenkel vd., 2023).

Bu araştırma kapsamında gerçekleştirilen veri toplama süreçleri, Hacettepe Üniversitesi, Gelişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 22.09.2020 tarihli ve 16969557-1405 sayılı belgesi ile onaylanmıştır.

Katılımcılar

Çalışmanın katılımcıları, elverişli örnekleme yöntemiyle, bir devlet üniversitesinin Eğitim Fakültesinin çeşitli bölümlerinde 2023-2024 öğretim yılı güz ve bahar dönemlerinde ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıfa devam eden öğrencilerden oluşmaktadır. Ders sürecinde, dersin öğretim üyelerinden izin alınarak, öğrencilere araştırmanın amacı ve süreci açıklanmıştır. Çalışmaya katılımın gönüllülük üzerine olduğu, çalışmaya katıldıktan sonra da istenildiği takdirde ayrılacakları ve bu süreçten hiçbir şekilde etkilenmeyecekleri belirtilmiştir. Çalışmaya gönüllü olarak katılmak isteyen öğrencilerin bilgileri çevrimiçi bir form aracılığıyla toplanmıştır. Ses ve duygu 2-geri görevinden (Şekil 10, Son-2 geri görevi) alınan puanlarla hesaplanan ± 1 standart sapma değerine göre düşük ve yüksek gruplarda en az 30'ar kişinin yer alması hedeflenmiştir. Bireylerde yüksek yük oluşturan görevler, bireysel farklılıkları belirlemede daha etkili olduğu için grupların belirlenmesinde bu görev seçilmiştir (Lamichhane vd., 2020). Bu kapsamda 202 katılımcıya ulaşıldığında veri toplama süreci tamamlanmıştır. Katılımcıların bölüm ve sınıfa göre sayıları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Öğretmen adaylarının bölümlere göre sayıları

Bölüm	2. sınıf N	3. sınıf N	4. sınıf N	Toplam (N)
İlköğretim Matematik Öğretmenliği	10	31	19	60
Türkçe Öğretmenliği	0	18	20	38
Sosyal Bilgiler Öğretmenliği	0	16	17	33
Sınıf Öğretmenliği	2	18	10	30
Rehberlik ve Psikolojik Danışmanlık	0	1	11	12
Özel Eğitim Öğretmenliği	0	1	11	12
Okul Öncesi Öğretmenliği	0	3	5	8
Fen Bilgisi Öğretmenliği	0	0	8	8
Bilgisayar ve Öğretim Tekn. Öğrt.	0	0	1	1
Toplam	12	88	102	202

Katılımcıların cinsiyete göre dağılımları; 70 (%34,65) erkek ve 132 (%65,34) kadındır. Yaşları ise 20 ile 38 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 21,91'dir.

Veri Toplama Aracı

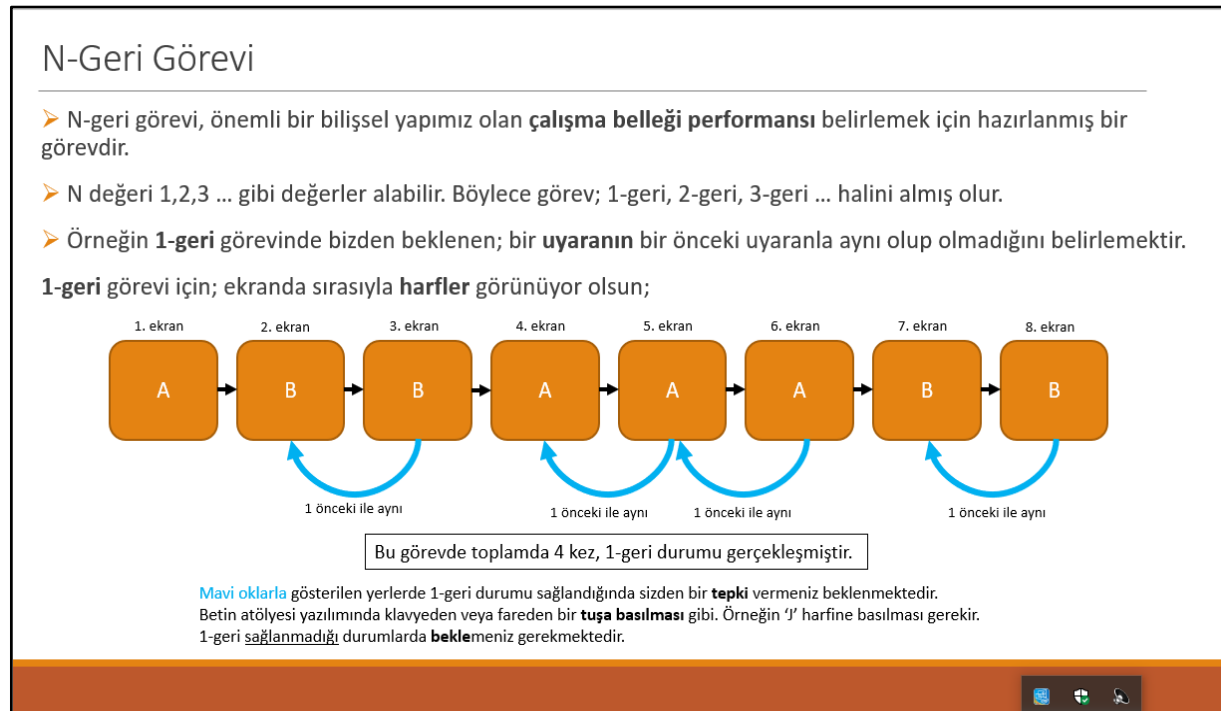
YİB performansını belirlemek için n-geri görevi kullanılmıştır. Beyin Atölyesi (Brain Workshop v. 4.8.1) yazılımı daha önce Altun ve Çevik (2012) tarafından çalışma belleğinin ölçülmesinde kullanılmak üzere alanyazına sunulmuştur. Bu yazılım çeşitli ses, görsel ve

konum modalitelerini ve bunların farklı kombinasyonlarını destekleyerek bu modaliteler ile n-geri görevlerinin düzenlenmesini ve veri toplanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Beyin Atölyesi yazılımının güncellenen son sürümünün (Brain Workshop v. 4.8.4) tüm bileşenleri Türkçe olarak düzenlenmiş ve duygu uyaranları da eklenerek Windows işletim sistemine sahip bilgisayarlarda kullanıma hazır hale getirilmiştir. Yazılımın kaynak kodlarının düzenlenmesi için programı hazırlayanlardan ve duygu ifadelerinin kullanılması için de ilgili kişilerden gerekli izinler alınmıştır.

Çoklu ortam tabanlı ölçme aracı olarak n-geri görevinin özellikleri ve uyarlamaya ilişkin (geçerlik ve güvenilirlik özellikleri) kanıtlar, daha önce Altun ve Çevik (2012) tarafından raporlanmıştır. YİB görevlerinde temel amaç katılımcının belirli kurallara göre bazı nesneleri eşleştirmesidir. Bu çalışmada n-geri görevi; görsel ve işitsel modaliteleri içeren 2-geri şeklinde oluşturulmuştur. Katılımcılardan birbirini takip eden ekranlarda nesnenin görsel bilgisini ve işitsel bilgiyi takip etmesi iki önceki görsel ve/veya işitsel bilgi eşleşiyorsa görsel için belirli bir tuşa ve işitsel için başka bir tuşa basması beklenmektedir. Böylece her ekranda katılımcının belleğinde bilgiyi güncelleyerek karşılaştırması, hatalı bir tercih yapma durumunu baskılaması (Scharinger vd., 2015) ve iki modalite arasında geçişi yapması beklenmektedir (Salminen vd., 2012). Yazılımda deneme süresi 3 saniye olarak belirlenmiştir. İlk 0.5 saniyede görsel uyaran gösterilmiş ve ses uyarını verilmiş, kalan 2.5 saniyede kullanıcı tepkisi beklenmiştir.

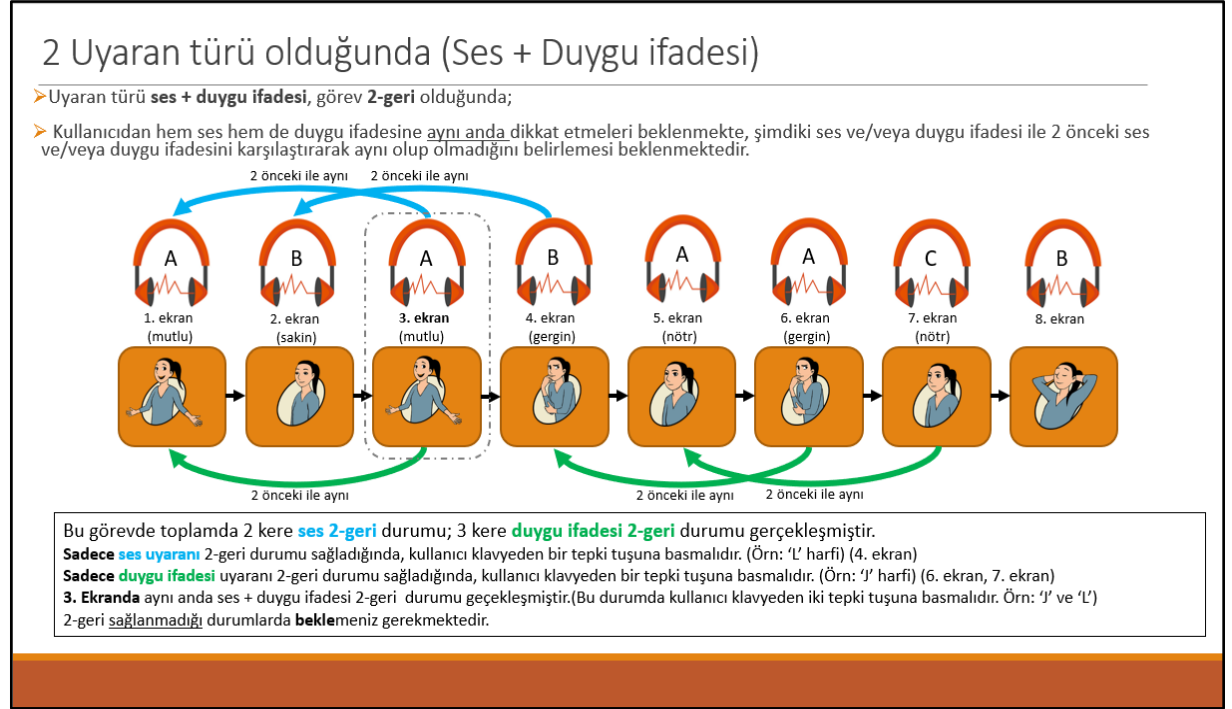
YİB Görevinin Uygulanması ve Beyin Atölyesi için Kullanım Kılavuzu Hazırlanması

Bu ölçme aracını kullanarak veri toplamak isteyen araştırmacılar için n-geri görevini ve yazılımın kullanımı anlatan bir kılavuz hazırlanmıştır. Kılavuzun hazırlanmasında öncelikle n-geri görevi, ardından Beyin Atölyesi yazılımının kullanımı tanıtılmış, son olarak araştırma sürecinde kullanılacak uyaran ve n-geri görevleri gösterilmiştir. n-geri görevinde 1-geri durumu gerçekleştiğinde sürecin nasıl işlediği aşağıda açıklanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. n-Geri görevi ve 1-geri görevinin tanıtılması

Ardından çeşitli uyarıların bir arada olduğu daha karmaşık n-geri görevleri örneklendirilmiştir. Örneğin Şekil 2’de duygu ve ses uyarılarının olduğu 2-geri görevi tanıtılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ses + duygu uyaranlı 2-geri görevi

Kılavuzda Beyin Atölyesi programının nasıl kullanıldığı, uyarıların nasıl seçildiği, n-geri’de geri sayısının (“N” değerinin) nasıl belirlendiği, görev ekranı vb. işlemler açıklanmıştır (Şekil 3). Yazılımın orijinalinde varsayılan başlangıcı ikili 2-geri modudur (Dual 2-Back). Burada ikili ile kast edilen yazılımın modalitesi (ses, renk, konum, şekil... vb.) ve 2-geri de geri gidilmesi gereken N değeridir. Yazılımın modalitesinden bağımsız olarak her oturum için geçerli ekran tasarımı ortada yer alan (3 x 3) lük 9 bölgeye ayrılmış ızgaradır (Şekil 3).



Şekil 3. Beyin Atölyesi yazılımı, göreve başlama arayüzü

Yazılımda her oturumda uyarıların katılımcılara kaç kez sunulacağı (deneme) ve bu deneme süresinin ne kadar süreceği belirlenebilmektedir. Varsayılan olarak görsel uyarılar 0.5 sn. ekranda kalmaktadır. Örneğin, deneme sayısı 20 ve deneme süresi 3 sn. olan bir oturum toplam 60 sn. sürecektir. Bir denemenin ilk 0.5 saniyesinde uyarı gösterilecek kalan sürede katılımcının tepkisi beklenmektedir. Buradaki örnekte kalan 2.5 sn. sürede tepki vermesi/vermemesi beklenmektedir. Deneme süresi 5 sn. olsaydı oturum 100 sn. sürecektir ve tepki için kalan 4.5 sn. kullanılabilir.

Beyin Atölyesi yazılımında gerçekleştirilen her görev, kullanıcının 'stats.txt' dosyasında her satırda bir görev performansı sonucu olmak üzere tutulmaktadır. Her performansa ait tarih, görev türü puan gibi bilgiler (24 adet) de virgülle ayrılmış biçimdedir. Yazılımı kullanan araştırmacılara yönelik yazılımın verileri nasıl tuttuğunun açıklandığı bir Excel çalışma kitabı oluşturulmuştur (Şekil 4). Böylece çeşitli uyarılara yönelik kullanıcının verdiği doğru tepki skorları daha kolay takip edilebilecektir.

Beyin Atölyesi stats dosyası açıklaması												
(Her başlığın üzerinde açıklama bulunmaktadır. Readme-stats dosyasına göre hazırlanmıştır.)												
Örnek Veri: 2010-08-17 02:45:38, 2xD3B, 61, 258, 3, 35, 24, 0, 1, 33, 75, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 75, 0, 0, 0, 0, 0												
Veriler virgüle göre ayrılmaktadır.												
0-Tarih	1-Mode String	2-Puan (%)	3-Mode Number	4-N-geri sayı	5-user: The n-back number, for example, 3 = 3-Back	6-İlk deneme	7-Mod Türü	8-Oturum no	9-Position	10-Audio	11-Color	12-Vis
17.08.2010 02:45	2xD3B	61	258	3		24	0	1	33	75	0	

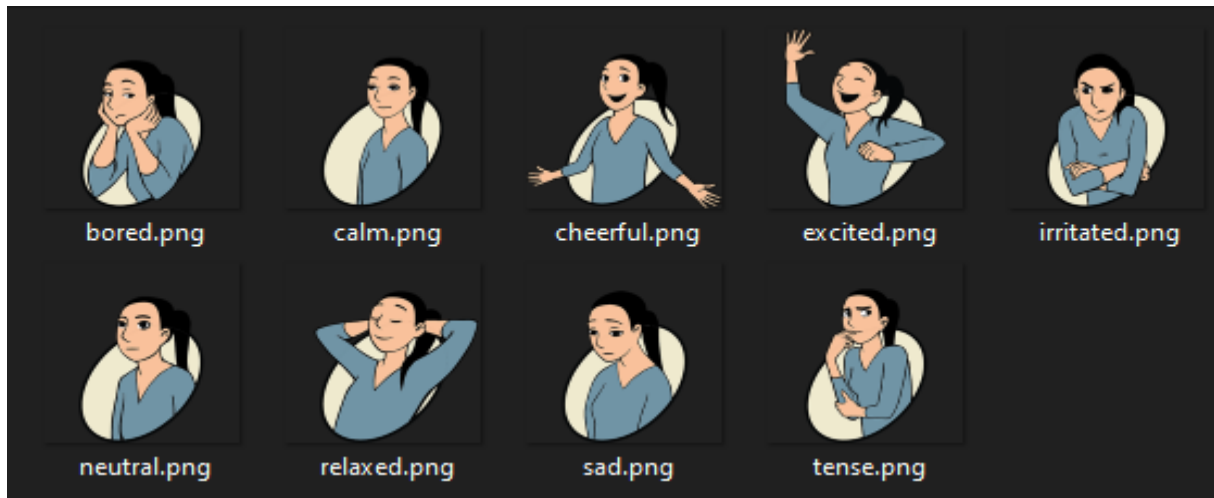
Şekil 4. Kullanıcının görev performanslarının tutulduğu 'stats' dosyası açıklaması

Beyin Atölyesi yazılımının birçok ayarı kullanıcılar tarafından düzenlenebilmektedir. Ayarlar 'data' klasörü içerisindeki 'config.ini' dosyasında yer almaktadır. Böylece programın tam ekran açılması, n-geri değeri, uyarı türü gibi değişkenler program başlamadan ayarlanabilmektedir.

YİB Görevine Duygusal Uyarıları İçeren Görsel Setlerin Eklenmesi

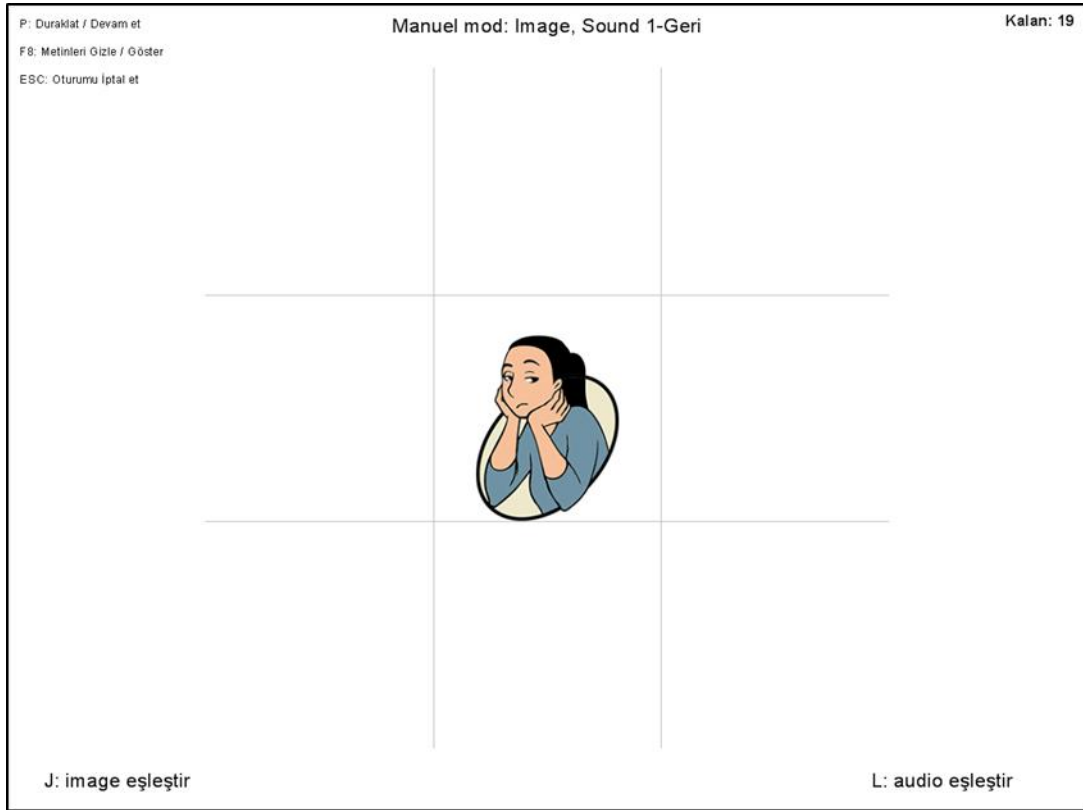
Beyin Atölyesi yazılımında hâlihazırda duygusal yüz ifadelerini içeren görsel set yer almamaktadır. Yazılımı düzenlemek için yazılımı hazırlayan kişiden gerekli izinler alınmıştır. Eklenen görsellerin yazılımda doğru biçimde görüntülenmesi için yazılımın kaynak kodlarında düzenlemeler yapılmıştır.

Yazılıma eklenecek duygu uyarıları için Pick-A-Mood (Desmet vd., 2016)'da yer alan çizgi karakterlerin ve Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist vd., 1998) gerçek insan duygusal yüz ifadeleri belirlenmiştir. Yazarlardan kullanım için izinler alınmıştır. Pick-A-Mood (Desmet vd., 2016) kadın, erkek ve robot olmak üzere üç farklı çizgi karakterden oluşmaktadır. Bu karakterlerden her biri sekiz farklı duygu durumunu (ve bir tane de nötr durumu) temsil eden toplam 9 görsele sahiptir. Kadın çizgi karakterin sahip olduğu duygu ifadeleri Şekil 5'te gösterilmiştir.



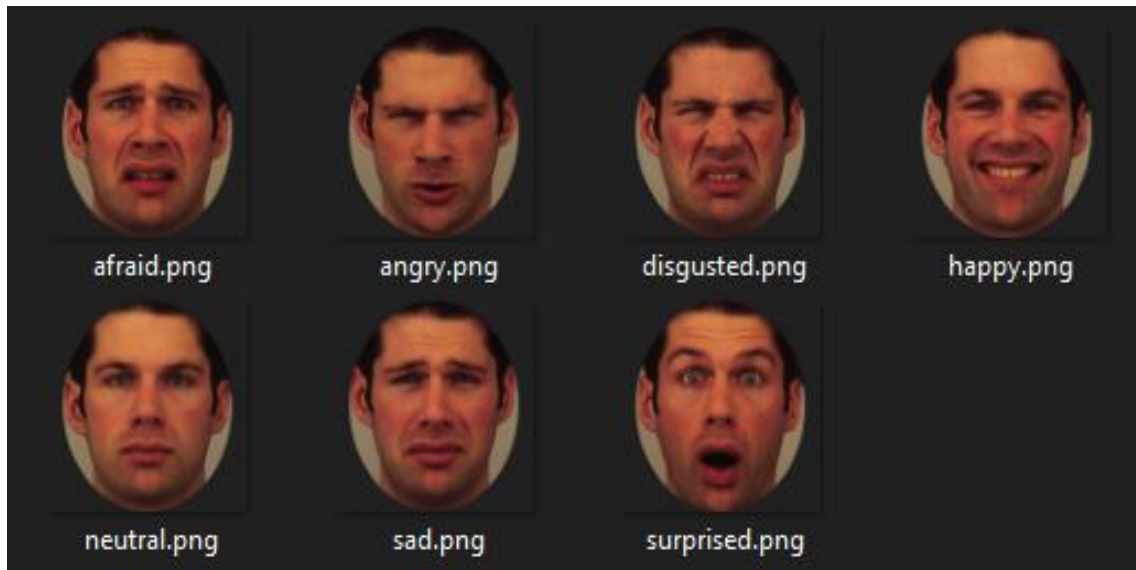
Şekil 5. Pick-A-Mood (Desmet vd., 2016) kadın çizgi karaktere ait ifadeler

Pick-A-Mood (Desmet vd., 2016)'da yer alan görseller yazılım için 256x256 piksel boyutunda düzenlenmiştir. Yazılımda görsel uyarılar listesinde gözükmesi için 'res/sprites/emotion-comic-female' klasörü altına tüm görseller eklenmiştir. Görsel uyarılar 3x3 matris (ızgara) içerisinde rastgele görüntülenmektedir (Şekil 6). Örnek bir karakterin duygu ifadesi (sıkılmış) gösterilmiştir. Diğer erkek ve robot çizgi karakterler de aynı süreçlerle yazılıma eklenmiştir.



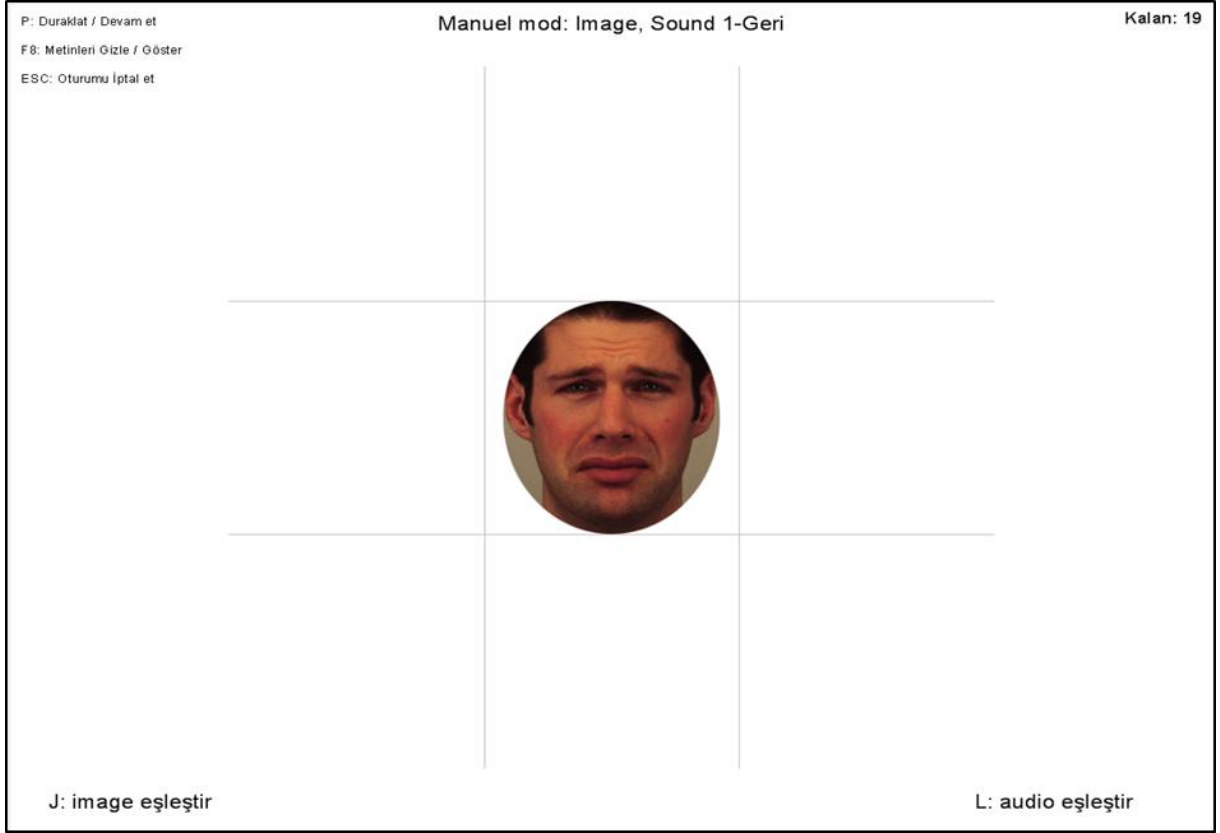
Şekil 6. Örnek bir çizgi karakter duygusal yüz ifadesi (Desmet vd., 2016)

Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist vd., 1998)'te yer alan rastgele bir mankenin duygu görselleri (KDEF resim id: BM12AFS, BM12ANS, BM12DIS, BM12HAS, BM12NES, BM12SAS, BM12SUS) düzenlenmiştir. Bu sette yer alan görseller toplamda yedi duygu ifadesine sahiptir. Psikoloji alanında yapılan uygulamalarla aynı doğrultuda sadece yüz ifadesinden duygu çıkarımına izin verecek biçimde yüzler oval şekilde biçimlendirilmiştir (Ladouceur vd., 2009). Resimlerin boyutları 256x256 piksel boyutunda düzenlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Bir erkek mankenin (KDEF resim id: BM12AFS, BM12ANS, BM12DIS, BM12HAS, BM12NES, BM12SAS, BM12SUS) duygu ifadeleri (Lundqvist vd., 1998)

Beyin Atölyesi yazılımında görsel uyarılar listesinde gözükmesi için 'res/sprites/emotion-krlns-male' klasörü altına eklenmiştir. Örnek bir duygu ifadesi (üzgün) Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. n-Geri uygulamasında üzgün (KDEF resim id: BM12SAS) yüz ifadesi (Lundqvist, vd., 1998)

Programa farklı görsel duygu veri setleri de eklenebilmektedir. Programın yer aldığı ana dizinden 'res/sprites/' klasörüne giriş yapıldıktan sonra ismi 'emotion' ile başlayan bir klasör oluşturarak (örn: emotion-verisetim) içerisine programın görsel standardına uygun şekilde 256x256 boyutunda duygu görselleri eklenebilir. Program açıldıktan sonra görsel veri seti seçilip çalışmada kullanılabilir.

Tüm duygu ifadelerinin ve yazılıma eklenen diğer özelliklerin doğru bir şekilde çalışıp çalışmadığı ve sonuç istatistiklerinin kaydedilip kaydedilmediğine yönelik denemeler yapılmıştır. Açık kaynak kodlu Beyin Atölyesi 4.8.4 yazılımı Python 2.6 versiyonu ile geliştirildiği için, kaynak kodların düzenlenmesinde Python 2.6.1 kullanılmıştır. Türkçeleştirme ve duygu uyarınlı görsellerin doğru biçimde çalışması için kod düzenlemeleri, Python'un entegre geliştirme ortamı IDLE ile yapılmıştır. Gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra Windows işletim sistemi olan bilgisayarlarda bir Python yorumlayıcısı olmadan doğrudan çalıştırılması için '.exe' formatına getirilmiştir. Bunun için de py2exe programı kullanılmıştır. Bu programın doğru bir şekilde çalışması için; Oracle VM VirtualBox programı kullanılarak bir Windows XP SP3 işletim sistemine sahip sanal bir makine oluşturulmuştur. Bu sanal makineye Python 2.7.1 kurulmuş ve py2exe'nin işletim sisteminde ihtiyaç duyduğu 'Microsoft Visual C++ 2008 Redistributable Package' kurulmuş ve buradaki gerekli dosyalar py2exe'ye tanıtılmıştır. Sonuç olarak py2exe programı kullanılarak Beyin Atölyesinin duygu uyarıları ile zenginleştirilmiş son Türkçe versiyonu Windows işletim sisteminde çalışan '.exe' formatında elde edilmiştir. Oluşturulan

program Windows XP ve sonrasında çıkan Windows tabanlı işletim sistemlerinde çalışmaktadır.

Bu Çalışmada Kullanılacak Görsel Duygu Setinin Belirlenmesi

Kullanıcıların duyguları tespit etmeleri açısından Pick-A-Mood (Desmet vd., 2016)'da yer alan çizgi karakterlerin ve Karolinska Directed Emotional Faces (Lundqvist vd., 1998)'te yer alan mankenlerin duyguları daha belirgin yansıttığını belirlemek açısından 56 lisans öğrencisi ile bir anket yapılmıştır. Her iki veri setinde ortak olan mutlu, nötr, üzgün, sinirli ve korku duygusal ifadeleri seçilerek karşılaştırmaların bunlar arasında yapılmasına karar verilmiştir. Her bir ayrı sayfada, beş farklı duygu ifadesini yansıtan çizgi karakter ve insan yüzü öğrencilere sunum olarak gösterilmiş ve internete bağlı mobil cihazlarından ulaşmaları sağlanmıştır (Şekil 9).

Şekil 9. Duygu belirginliğini belirleme anketi

Kullanıcılar hangi görselin daha belirgin biçimde o duyguyu yansıttığını internete bağlı mobil cihazları üzerinden belirlemişlerdir. Anketin tanıtımı ve uygulanması yaklaşık 5 dakika kadar sürmüştür. Veriler çevrimiçi bir hesaplama tablosunda tutulmuştur. Beş farklı duygu ifadesine yönelik insan yüzü ve çizgi karakter tercihlerine yönelik katılımcı sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Duygu belirginliğine yönelik katılımcıların tercihleri

Duygu İfadesi	Çizgi Karakter N (%)	İnsan Yüzü N (%)
Mutlu	32 (%57)	24 (%43)
Nötr	26 (%46)	30 (%54)
Üzgün	46 (%82)	10 (%18)
Sinirli	45 (%80)	11 (%20)
Korku	4 (%7)	52 (%93)

Katılımcıların mutlu, üzgün ve sinirli duygularında çizgi karakterin duyguları daha belirgin gösterdiğini tercih etmiştir. Nötr ve Korku duygularında ise insan yüzünün daha belirgin biçimde duyguyu ifade ettiği belirtilmiştir. Kullanılan yazılımda görsel gösterim süreleri kısa (0.5 sn.) olacağı için duyguları hızlı biçimde okuma ve tepkileri de hızla vermek adına sadece

yüz değil de üst bedeni ve jestleri de gösteren çizgi karakter görsellerin kullanılması yönünde araştırmacılar fikir birliği sağlamıştır. Duygusal vücut ifadelerinin n-geri performansını tepki süresi ve doğruluk açısından desteklediği bulunmuştur (Zhang vd., 2022).

İşlevsellik Testi

Hazırlanan aracın doğru çalışıp-chalışmadığının kontrolü, araştırmacının ve katılımcının hızlı bir biçimde göreve başlayabilmesi için çalışmada yer alan araştırmacılar ile işlevsellik testi (Durkovic vd., 2011) yapılmıştır. İşlevsellik testi yazılımın hatasız biçimde planlanan işlevini yerine getirip getirmediğini göstermektedir. Böylece araştırma sürecinde karşılaşılabilecek mümkün problemlerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Diğer taraftan program oldukça fazla sayıda testin gerçekleştirilmesine izin vermektedir. Veri toplayan kişinin katılımcıları, araştırma kapsamında hızlı biçimde görevlere başlatabilmesi için neler yapılabileceği tartışılmıştır. Kullanılabilirlik testi çevrimiçi konferans ile yapılmıştır. Programı daha önce hiç kullanmamış araştırmacılarından bir kişi 1 ve 2 uyaranlı görev oluşturma, görevde N-Geri sayısını düzenleme, deneme sayısını ve süresini düzenleme, görevi başlatma, kullanıcı kaydı, istatistikleri görme görevleri verilmiştir. Bu süreçte karşılaşılan hatalar, programı düzenleyen araştırmacı tarafından not edilmiştir. Ayrıca araştırma kapsamında **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**’da verilen sırada görevlere hızlı biçimde başlanılabilmesi ve görevlerin sırasıyla katılımcıya gelmesi adına programın pratik kullanımı için üç araştırmacı tartışmıştır. Bunun sonucunda alınan kararlar ve yapılan işlemler bulgular başlığında verilmiştir.

Verilerin Toplanması

Veri toplama sürecinde uygulanan 13 görev; 1-geri görevleri, 2-geri görevleri ve son 2-geri görevi olmak üzere üç alt grupta, uygulanmıştır (Şekil 10). 1-geri görevleri grubunda sırasıyla, sadece “ses”, sadece “duygu” ve eş zamanlı “ses + duygu” şeklinde 1-Geri olmak üzere ikişer defa uygulama yapılmıştır. Ardından aynı sırada 2-geri görevleri uygulanmıştır. Her görev türünün ilk uygulaması alıştırma olarak uygulanmış, ikinci uygulaması sonucu ise performans puanı için kullanılmıştır. Son 2-geri görevinde de eş zamanlı “ses + duygu” modalitesi 2-geri olarak sunulmuştur. Bu son görevden (13. görev) elde ettikleri performans puanları üzerinden YİB performansları elde edilmiştir.

1-geri görevleri

Sadece ses 1-geri (2 uygulama)
Sadece duygu 1-geri (2 uygulama)
Ses + duygu 1-geri (2 uygulama)

2-geri görevleri

Sadece ses 2-geri (2 uygulama)
Sadece duygu 2-geri (2 uygulama)
Ses + duygu 2-geri (2 uygulama)

Son 2-geri görevi

Ses + duygu 2-geri (1 uygulama)

Şekil 10. YİB için veri toplama süreci

Veri toplama sürecinde, bir oturumda uyarılar ekrana 20 kez (20 deneme) gelecek şekilde düzenlenmiştir. Her deneme 3 saniye kadar sürmesi belirlenmiştir. Sadece işitsel uyarı olan uygulamalarda (örn: Ses-1 geri) her üç saniyelik periyotta önce ses uyarısı çalınmakta ve kalan sürede katılımcının tepki vermesi/vermemesi beklenmektedir. Sadece görsel olan uygulamalarda ise (örn: Duygu ifadesi 1-geri) ilk 0.5 saniye görsel gösterilmekte ve ardından görsel kaybolmaktadır. Kalan sürede de kullanıcı tepki vermesi/vermemesi beklenmektedir. İki uyarıya sahip oturumlarda (örn: duygu ifadesi + ses 1-geri) her denemenin başında görsel varsa ekranda 0.5 saniye kalmakta ve aynı zamanda ses çalmaktadır. Ardından kullanıcının uygun tepki veya tepkileri vermesi beklenmektedir. Bir oturumda, kullanıcının puan hesaplaması Formül 1’de gösterilmiştir.

Formül 1. Görev puanı hesaplama formülü

$$\text{Puan} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP} + \text{FN})$$

TP (True Positive) (Gerçek Doğru)

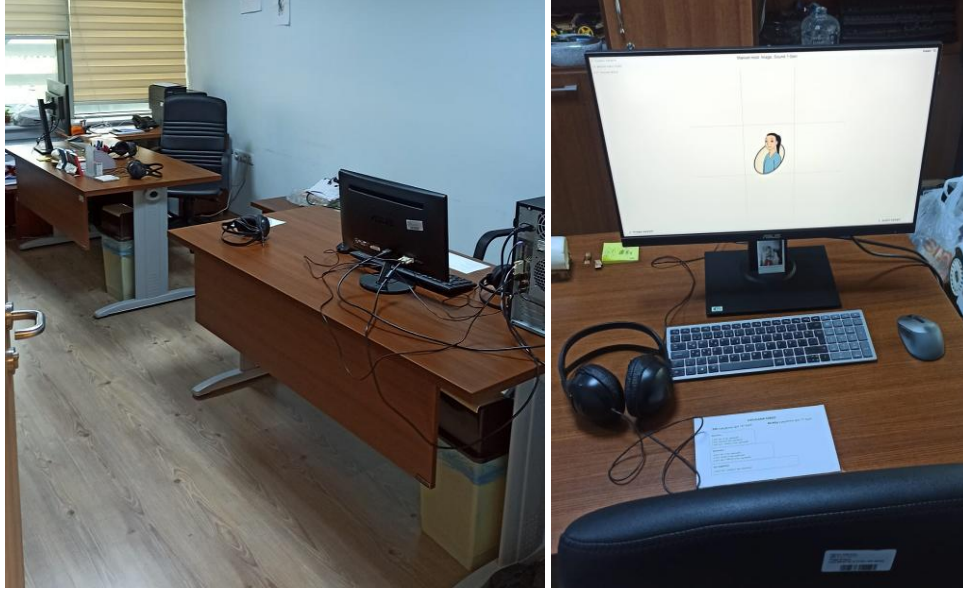
FP (False Positive) (Hatalı Doğru)

FN (False Negative) (Hatalı Yanlış)

Bu formüle göre uyarılara yönelik kullanıcı tepkileri dört farklı şekilde olabilmektedir. Gerçek Doğru, n-geri durumu gerçekleştiğinde kullanıcının klavyeden tepki tuşuna basması ya da n-geri durumunun gerçekleşmediği ve kullanıcının tepki tuşuna basmaması olmak üzere iki duruma karşılık gelmektedir. Hatalı doğru, n-geri durumu gerçekleşmedi fakat kullanıcı klavyeden tepki tuşuna basmasını ifade eder. Hatalı Yanlış ise n-geri durumunun gerçekleştiği fakat kullanıcının tepki tuşuna basmadığı durumu nitelemektedir. Böylece bir oturumda kullanıcının Gerçek Doğru tepkilerinin tüm tepkilere oranı ile puanı hesaplanmaktadır. Burada kullanıcıların sadece doğru tepki vermesinin yanında hatalı tepki vermemesi önemlidir. Kullanıcı her oturumu tamamladığında uyarı veya uyarılara yönelik oturum puanı stats.txt dosyasına kaydedilmektedir.

Veri Toplama Ortamının Hazırlanması

Sessiz ve öğrencilerin erişimine elverişli olması açısından Eğitim Fakültesinde yer alan iki farklı oda veri toplama amacıyla hazırlanmıştır. Her bir odaya iki farklı bilgisayar konulmuştur. Böylece aynı anda dört farklı katılımcıya kadar n-geri görevi uygulanabilmesi hedeflenmiştir (Şekil 11). Kullanıcının görevleri kendisinin başlatması ve tamamlaması için yazılım, minimum müdahaleyle ilerleyecek şekilde düzenlenmiştir. Her bilgisayara kulaklık takılmış ve yönergeler klavyelerin önüne yerleştirilmiştir.



Şekil 11. Veri Toplama Ortamı

Katılımcıların Çağrılması ve Uygulama Süreci

Gönüllü öğrencilerle iletişime geçilmiş, öğrencilerin uygun oldukları zaman dilimlerinde veya derslerinin uygun zamanlarında öğretim üyesinin bilgisi dâhilinde YİB görevini gerçekleştirmek için uygulama odalarına gelmeleri sağlanmıştır. Öğrencilere n-geri görevi hakkında bir sunum yapılmış ve örnek bir uygulama süreci gerçekleştirilmiştir. Ses ve görsel uyarılar aynı anda kullanıldığı için her katılımcı kulak üstü kulaklık takmaktadır. Aynı odada birden fazla katılımcı olduğu durumlarda, katılımcıların birbirlerini etkilememesi için görevleri sessizce yapmaları istenmiştir. Ayrıca uygulamayı erken bitiren kişinin kulaklığını çıkartarak diğer katılımcının da bitirmesini sessiz bir biçimde beklemesi istenmiştir. Uygulama yaklaşık 15-20 dakika arası sürmüştür. Aynı odada tüm katılımcılar görevi tamamladıktan sonra katılımcılardan gönüllü onam formunu doldurmaları istenmiştir.

Verilerin Analizi

Bu aşamada, veriler bilgisayar ortamında her bir öğrencinin bireysel uygulama sonrasında elde edilen istatistik dosyası kayıtlarından alınmıştır. n-geri görevinde elde edilen performans puanları üzerinde betimsel istatistik analizleri yapılarak, bu puanlara göre katılımcıların dağılımı incelenmiştir. Tüm katılımcıların n-geri görevi performansı belirlendikten sonra puanlar düşükten yükseğe sıralanarak, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Katılımcıların görev performansları arasında farklılıklar incelenmiştir. Her görevin birinci uygulaması alıştırma olarak ele alındığı için analizlere dahil edilmemiş; 1-geri görevleri ve 2-geri görevlerinin ikinci uygulamaları ve son 2-geri uygulaması dahil edilmiştir. Ses 1-geri ve 2-geri görevleri, duygu 1-geri ve 2-geri görevleri, iki uyaranlı olarak ses+duygu 1-geri ve 2-geri (asıl uygulama) görevleri arasında da farklılaşma olup olmadığı analiz edilmiştir. Daha sonra ses+duygu 2-geri görevlerinin art arda iki kez uygulandığı ikinci ve asıl uygulama arasında farklılık olup olmadığı da eşlenik örneklem t-testi ile incelenmiştir. Son olarak, ses uyarısı ile duygu uyarısı arasında performans puanı farklılığı olup olmadığını incelemek için eşlenik örneklem t-testi uygulanmıştır. Ses 1-geri ve duygu 1-geri görevlerinin ikinci uygulamaları, ses 2-geri ve duygu 2-geri görevlerinin ikinci uygulamaları arasında fark olup olmadığına bakılmıştır.

YİB’de bireyler arası bir farklılığı belirlemede kullanılması hedeflenen N-geri görevi performansının düşük, orta ve yüksek grupların belirlenmesinde standart sapma yaklaşımından faydalanılmıştır. Eş zamanlı ses+duygu 2-geri (son 2-geri görevi) puanı ele alınarak; uç değerler çalışmaya dâhil edilmemiş, dağılımın özelliğine göre ± 1 standart sapma alt ve üst gruptan katılımcı belirlenmiş ve YİB’e göre düşük/yüksek olarak gruplandırılmıştır. Ortalama puan etrafındaki ($\bar{X} \pm 3$) katılımcılar ise orta düzey olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra düşük, orta ve yüksek grupların puanları arasında farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Son olarak düşük, orta ve yüksek gruptaki öğrencilerin cinsiyete göre YİB performans puanları Mann Whitney U-testi ile analiz edilmiştir.

Bulgular

Yürütücü İşlev Becerisi Görevinin güncellenen versiyonunun işlevsellik testinin gerçekleştirilmesi ve sonuçları

Yazılımın hazırlanmasının ardından, kullanıcılara uygulama yaptırılacak bilgisayarlara yüklenmiştir. Temelde iki farklı sorun ile karşılaşılmıştır. Bir bilgisayarda Türkçe karakter görüntüleme problemi tespit edilmiştir. Bir diğer bilgisayarda ses çıkış donanımı olmaması nedeniyle hata alınmıştır. Bu türdeki yazılımsal ve donanımsal hatalar giderilerek, programın sorunsuz çalışması sağlanmıştır.

Yazılımın uygulama sırasında pratik bir şekilde başlatılabilmesi için ön tanımlı ayarların düzenlenmesi için kararlar alınmıştır. Bizim çalışmamızda ilk görev ses 1-geri görevi ile başlamakta ve devamında sırasıyla diğer görevler gelmektedir. Bu kapsamda yazılımın bazı ayarları güncellenmiştir;

- Yazılımın, çalışmada kullanılması kararlaştırılan ses ve görsel uyaran setleriyle başlaması,
- N-geri görevlerine N=1 olacak şekilde 1-geri ile başlanması,
- Yazılımda N-geri durumunun gerçekleştiği durumlarda kullanıcının doğru tepkisine (true positive) yeşil, yanlış tepkisine (false positive) ise kırmızı renk ile dönüt vermesinin önüne geçilmesi,
- Yazılımın orijinalinde yer alan ‘Bağış, Forum vb’ doğrudan görevle ilgili olmayan menülerin kapatılması,
- Oturum sonunda N-geri göreviyle ilgili sonuç istatistiklerinin görüntülenmemesi,
- Yazılımında kullanıcı tepkisi klavye ve fare ile alınabilmektedir. Çalışmada sadece klavye kullanılması
- Deneme süresinin 3 saniye, deneme sayısının 20 olarak belirlenmesi,
- Uygulama süreci başladığında tüm görevlerin sırasıyla kullanıcının karşısına gelmesi noktalarında kararlar alınmıştır.

Bu haliyle yazılım, “1-geri görevleri” aşamasındaki altı uygulama (3 görev x 2 set) kullanıcının herhangi bir müdahale yapmadan sırasıyla başlamasına olanak sağlamaktadır. Daha sonra, “2-geri görevleri” aşaması için yazılım otomatik olarak N değerini “2” olarak değiştirmektedir. Ardından, “Son 2-geri görevi” oturumu kullanıcının karşısına gelecek şekilde 13 oturum peş peşe uygulanması için düzenleme yapılmıştır. Kullanıcı bu süreçte sadece

klavyede boşluk tuşuna oturumu başlatmakta ve N-geri durumunda klavyeden belirli tepki tuşuna basması beklenmektedir. Alınan kararlar sonucunda yazılım düzenlenmiş, işlevsel olarak test edilmiş ve veri toplama sürecine uygun bir şekilde yazılım pratik kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Görev performansları arasındaki farklılıkların incelenmesi

Sadece ses, sadece duygu, ses+duygu uyarılarının kullanıldığı 1-geri ve 2-geri görevlerinde katılımcıların betimsel istatistikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. n-Geri görevlerine ilişkin betimsel istatistikler

Görev (Uygulama Sırası)	N	Min	Mak	$\bar{X}$	S
Ses 1-geri (2. uygulama)	202	0	100	88.24	24.51
Duygu 1-geri (4. uygulama)	202	0	100	81.33	29.31
Ses+Duygu 1-geri (6. uygulama)	202	0	100	68.87	24.66
Ses 2-geri (8. uygulama)	202	0	100	57.80	27.32
Duygu 2-geri (10. uygulama)	202	0	100	44.19	21.76
Ses+Duygu 2-geri (12. uygulama)	202	0	71	28.85	15.92
Ses+Duygu 2-geri (13. uygulama, Son 2-geri)	202	0	80	30.97	14.74

Görev performansları arasındaki farkların incelenmesinde öncelikle her uyarana (sadece ses, sadece duygu, ses+duygu) ait 1-geri ve 2-geri görevleri arasındaki performans farklılıkları incelenmiştir. Buna göre ses 1-geri ve 2-geri görevleri arasında, duygu 1-geri ve 2-geri görevleri arasında, son olarak ses+duygu 1-geri ve 2-geri arasında performans farklılıkları eşlenik örneklem t-testi karşılaştırılmış ve analiz sonuçları Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Öğrencilerin 1-geri ve 2-geri görevleri puanlarının eşlenik örneklem t-testi ile karşılaştırılması

Görev	N	$\bar{X}$	S	sd	t	p
Ses 1-geri	202	88.24	24.51	201	13.66	<.001
Ses 2-geri	202	57.80	27.35			
Duygu 1-geri	202	81.33	29.31	201	16.64	<.001
Duygu 2-geri	202	44.19	21.76			
Ses+duygu 1-geri	202	68.87	1.74	201	20.38	<.001
Ses+duygu 2-geri (Son 2-geri)	202	30.97	1.04			

Analiz sonucuna göre her uyarın türünde (sadece ses, sadece duygu, ses+duygu) 1-geri ve 2-geri görevleri arasında t-testi sonucunda anlamlı farklılık görülmektedir. Katılımcılar 1-geri görevlerinde 2-geri görevlerine göre daha yüksek performans göstermektedirler. Sadece ses uyarının olduğu görevlerde katılımcılar, 2-geri ($\bar{X}=57.80$) görevinde 1-geri ($\bar{X}=88.24$) görevine göre daha düşük performans göstermişlerdir $t(201)=13.66$, $p<.001$. Benzer şekilde sadece duygu uyarının olduğu görevlerde katılımcılar, 2-geri ($\bar{X}=44.19$) görevinde 1-geri ($\bar{X}=81.33$) görevine göre daha düşük performans göstermişlerdir $t(201)=16.64$, $p<.001$. Son olarak, ses+duygu uyarılarının eş zamanlı verildiği görevlerde katılımcılar, 2-geri ($\bar{X}=30.97$) görevinde 1-geri görevine ($\bar{X}=68.87$) göre daha düşük puan almışlardır $t(201)=20.38$, $p<.001$. Buna göre görev zorluk düzeyi (geriye dönük hatırlama sırası) artmasının önemli etkisi bulunmakta, zorluk arttıkça puan azalmaktadır.

Aynı uyarı ve geri sayısına sahip olan ses+duygu 2-geri görevinin ikinci ve son 2-geri uygulama oturumları arasında bir fark olup olmadığını belirlemede eşlenik örneklem t-testinden faydalanılmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Öğrencilerin ses+duygu 2-geri ikinci ve asıl uygulama puanlarının eşlenik örneklem t-testi ile karşılaştırılması

Görev	N	$\bar{X}$	S	sd	t	p
Ses+duygu 2-geri	202	28.85	1.12	201	-1.74	.083
Ses+duygu 2-geri (Son 2-geri)	202	31.02	1.04			

Sonuç olarak ses+duygu uyarılarının birlikte kullanıldığı 2-geri görevlerinden ikinci uygulama ($\bar{X}=28.85$) ve son 2-geri uygulaması ($\bar{X}=31.02$) arasında puan farkının olmadığı görülmüştür $t(201)=-1.74$ $p>.05$. Sonuç olarak aynı özelliklere sahip iki oturumun benzer performanslarla sonuçlandığı belirtilebilir. Bu başlıkta son olarak, duygusal yüz ifadelerinin yer aldığı duygu görevleri ile ses görevleri performansları arasında farkın anlamlılığını belirlemek için eşlenik örneklem t-testi yapılmıştır. Bu kapsamda 1-geri görevleri ve 2-geri görevleri performanslarının analiz sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Öğrencilerin sadece ses ve sadece duygu uyarılarının olduğu 1-geri ve 2-geri görevlerinde aldıkları puanların eşlenik örneklem t-testi ile karşılaştırılması

Görev	N	$\bar{X}$	S	sd	t	p
Ses 1-geri	202	88.24	24.51	201	3.16	.002
Duygu 1-geri	202	81.33	29.31			
Ses 2-geri	202	57.80	27.32	201	6.38	<.001
Duygu 2-geri	202	44.19	21.76			

Tablo 6’da yer alan ses 1-geri ve duygu 1-geri görevlerinin analizi sonucunda duygu görevi ($\bar{X}=81.33$) performansının ses görevi ($\bar{X}=88.24$) performansından düşük olduğu görülmüştür, $t(201)=3.16$, $p<.01$. Benzer şekilde ses 2-geri ve duygu 2-geri görevlerinin analizi sonucunda da duygu görevi ($\bar{X}=44.19$) performansının ses görevi ($\bar{X}=57.80$) performansından düşük olduğu tespit edilmiştir, $t(201)=6.38$, $p<.001$. Bu bulgu uyarı türünün n-geri görevindeki performansta önemini göstermektedir.

YİB’e göre düşük, orta ve yüksek grupların belirlenmesi

Tüm katılımcılara (N=202) n-geri görevleri uygulandıktan sonra Son 2-geri uygulaması olarak ifade edilen eş zamanlı ses ve duygu uyaranlı 2-geri görevi performans skorları düşükten yükseğe doğru sıralanmıştır. Tüm grubun ortalaması ($\bar{X}=31.24$) ve standart sapması ($S=14.74$) hesaplanmıştır. YİB’e göre ortalamanın bir standart sapma altındaki bireyler “Düşük”, ortalamanın bir standart sapma üzerindeki bireyler “Yüksek”, bu standart sapma aralığında kalan öğrenciler ise “Orta” düzey YİB performansına sahip olarak gruplandırılmıştır.

Orta grup, duygu ve ses uyaranlı 2-geri görevi puanı, ortalama değerinin +3 puan (34.24) ve -3 puan (28.24) arasında yer alan katılımcılar (N=30) içerisinde belirlenmiştir. Düşük grup, duygu ve ses uyaranlı 2-geri görevi puanı, ortalama değerin bir standart sapma altında ($\bar{X}=16.50$) kalan öğrencilerden oluşmaktadır. Yüksek grup, duygu ve ses uyaranlı 2-geri görevi puanı, ortalama değerin bir standart sapma üstünde ($\bar{X}=45.71$) kalan öğrencilerden oluşmaktadır. Puan aralıkları ve katılımcı sayıları Tablo 7’de özet olarak verilmiştir.

Tablo 7. YİB görevi (Ses+Duygu 2-Geri) performansına göre gruplar

Grup	Puan Aralığı	2-geri Puan Aralığı		N	$\bar{X}$	S
		Min	Mak			
Tüm grup	0<X<100	0	80	202	31.24	14.74
Düşük grup (X-1SS)	0<X<16.50	0	16	30	10.88	4.55
Orta grup	28.24<X<34.24	29	33	30	31.03	1.58
Yüksek grup (X+1SS)	45.98<X<100	50	80	30	56.37	7.81

YİB görevinden alınan puanları $\pm$ standart sapmaya göre ayrılan düşük ve yüksek grup ve ortalamaların ± 3 puanı etrafında toplanan bireylerden oluşan grupların birbirlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir biçimde farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için tek-yönlü ANOVA kullanılmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. YİB görevi puanlarının gruplara göre ANOVA sonuçları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplarası	31187.22	2	15593.61	547.17	<.001	Düşük-Yüksek,
Gruplariçi	2479.40	87	28.50			Düşük-Orta,
Toplam	33666.92	89				Orta-Yüksek

Analiz sonuçları düşük, orta ve yüksek gruplarda yer alan öğrencilerin YİB puanı ortalamaları arasında anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir, $F(2,87)=547.17$, $p<.01$. Diğer bir ifadeyle bu gruplarda yer alan bireylerin YİB performansları birbirleriyle anlamlı bir düzeyde farklılık göstermektedir. Hangi gruplar arasında fark olduğunu belirlemek için yapılan Tukey testi sonucunda yüksek gruptaki ($X=56.37$) bireylerin orta ($X=31.03$) ve düşük ($X=10.88$) gruptan anlamlı düzeyde yüksek YİB puanına sahip olduğunu, orta gruptaki bireylerin de düşük gruptaki bireylerden daha yüksek YİB performansına sahip olduğu belirlenmiştir.

Gruplarda yer alan bireylerin cinsiyet açısından farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek için ise her grup için ayrı ayrı Mann Whitney U-testi uygulanmıştır (Tablo 9).

Tablo 9. Yürütücü işlev görevi puanının gruplarda cinsiyete göre U-testi sonuçları

Grup	Cinsiyet	N	Sıra Ortalaması	Sıra Toplamı	U	p
Düşük	Kadın	20	16.93	338.50	71.50	.214
	Erkek	10	12.65	126.50		
Orta	Kadın	19	17.13	325.50	73.50	.185
	Erkek	11	12.68	139.50		
Yüksek	Kadın	19	14.55	276.50	86.50	.445
	Erkek	11	17.14	188.50		

Düşük, orta ve yüksek N-geri gruplarında yer alan bireylerin cinsiyetlere göre karşılaştırılmasında kullanılan Mann Whitney U-testi sonuçlarına göre düşük grupta ($U=71.50$, $p>.05$), orta grupta ($U=73.50$, $p>.05$) veya yüksek grupta ($U=86.50$, $p>.05$) cinsiyetler arası anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Sonuç ve Tartışma

Duygusal uyarılar YİB, çalışma belleği, dikkat gibi birçok bilişsel süreçteki performansı etkileyebilmektedir (Grissmann vd., 2017). Diğer taraftan stres, kaygı, gurur gibi çeşitli duyguların da bireysel farklılıklarla etkileşimi bilişsel süreçlerde farklılıklara neden olabilmektedir (Bi, Ma, Abulaiti vd., 2022; De Smet vd., 2024; Ladouceur vd., 2009). Bu çalışmada, alanyazında daha önceden kullanılan Beyin Atölyesi yazılımı (4.8.1) güncellenmiş, yazılımın son sürümü (4.8.4) yeniden Türkçeye çevrilerek, yazılıma duygusal yüz ifadeleri içeren “duygu uyarıları” eklenmiştir. Bu haliyle “Beyin Atölyesi + Duygusal Uyarılar” yazılımı önceki tüm özelliklerini içermekte olup, öncekinden farklı olarak duygu uyarıları ile zenginleştirilmiştir. Ayrıca çeşitli n-geri görevleri üzerinden YİB performansları belirlenmeye çalışılmış, duygusal uyarıların olduğu durumlarda performans değişimi incelenmiştir.

Sadece ses, sadece duygu, ses+duygu uyarıları birlikte kullanıldığında 1-geri görevlerinde 2-geri görevine göre daha yüksek performans elde edilmiştir. Beklenildiği gibi N değeri arttıkça görev zorlaşmakta, zihinsel iş yükü artmakta ve performans düşüş gösterebilmektedir. Grissmann vd. (2017) bir uyarı olarak olumlu, nötr ve olumsuz görsel uyarılarına sahip 1-geri ve 2-geri görevleri arasındaki karşılaştırmalarda benzer sonuca ulaşmıştır. Bu kapsamda n-geri değeri arttıkça YİB’de güncellenme ve engelleme (baskılama) performanslarında zorlanma olduğu belirtilebilir. İki uyarı (ses+duygu) görevde de güncelleme ve engelleme performansına ek olarak uyarılar arası geçişi sağlamada değişim performansının da 2-geri görevinde düştüğü söylenebilir. Diğer taraftan peş peşe uygulanan ses+duygu 2-geri görevlerinde de katılımcıların benzer performans gösterdiği görülmüştür. Böylece katılımcılar performans kaybı yaşamadan görevleri sürdürebilmişlerdir.

Katılımcıların duygusal yüz ifadelerinin eşleştirmesini kapsayan duygu 1-geri ve 2-geri görevlerinde, duyulan harflerin eşlemesini içeren ses 1-geri ve 2-geri görevlerinden daha düşük performans göstermeleri duygusal uyarıların daha zorlayıcı olduğunu göstermektedir. Grissmann vd. (2017) çalışma belleğinin duygusal uyarılara yönelik hassas olduğunu ve özellikle negatif uyarıların olduğu görevlerde performansını düşüş gösterdiğini belirtmiştir. Bu bulgular frontal teta ve parietal alfa EEG ölçümleriyle desteklenirken, frontal alfa asimetri ölçümünün olumlu, olumsuz ve nötr uyarılarda değişmediği bulunmuştur. Diğer taraftan Hartling vd. (2021) fMRI çalışmasında duygusal kelimelere sahip N-geri görevinin dIPFC’de ve anterior insulada aktivasyon, pgACC(pregenual anterior cingulate cortex) deaktivasyon oluşturduğunu, yüz ifadelerine sahip n-geri görevlerinin ise amigdala ve anterior insulayı benzer şekilde dahil ettiğini bulmuştur. Farklı uyarıların farklı bölgeleri aktive edebileceği vurgulanmıştır. Kopf vd. (2013) özellikle olumsuz değerlikte kelimenin kullanıldığı n-geri görevinde dIPFC’de düşük aktivasyon oluşturduğunu bulmuştur. Araştırmacılar ayrıca duygu yüklü kelimelerin işlenmesinde kullanılan bölgeler ile güncelleme, engelleme gibi bilişsel işlemlerde aktive olan bölgelerin örtüşmekte ve kaynak kullanımı için rekabet ettiklerini belirtilmektedir. Bu da duygusal uyarıların YİB performansını nasıl etkilediğini belirlemede n-geri görevlerinin önemine işaret etmektedir. Sonuç olarak, görevin duygusal uyarıların YİB kapsamında çeşitli beyin bölgelerini aktive ettiği, bunun da güncelleme ve engelleme performanslarını etkilediği belirtilebilir. Diğer taraftan duygusal değeriye sahip ses, metin ve nesneler gibi farklı duygusal uyarıların performansı nasıl değiştireceği incelenebilir.

YİB performans puanları, araştırmaların niteliğine göre sürekli bir değişken olarak ele alınabildiği gibi düşük, orta ve yüksek gibi kategorik bir yapıya dönüştürülerek de kullanılabilir. Kategorik yapıya dönüştürmek için alt-üst %25’lik gruplara ayırma,

standart sapma değerine gruplara ayırma ve medyan değerine göre ayırma, %50'lik performansa göre alt-üst grup oluşturma gibi çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır (Chatterjee vd., 2020; Shepherd, vd., 2015). Bu çalışmada da duygusal yüz ifadelerine sahip uyarılarla oluşturulan n-geri görevinde katılımcıların puan aralıklarının, düşük, orta ve yüksek grupların oluşturulmasının ve bu gruplar arasında YİB puanları arasında farklılaşmanın hesaplanmasında izlenecek yöntem, aracı sonraki çalışmalarda kullanacaklara bir kılavuz olması açısından örneklendirilmiştir. “Beyin Atölyesi + Duygusal Uyarılar” yazılımından elde edilen ses+duygu uyaranlı 2-geri görevi final performans skorları düşükten yükseğe doğru sıralandığında 202 öğretmen adayından oluşan grubun ortalaması ($31,24 \pm 14,74$) olarak hesaplanmıştır. Katılımcıların performans puanları minimum 0 ve maksimum 80 olarak belirlenmiştir. YİB performansına göre ortalamanın bir standart sapma altındaki bireyler “Düşük”, ortalamanın bir standart sapma üzerindeki bireyler “Yüksek” YİB performansına sahip olarak gruplandırılmıştır. Düşük grup ($10,88 \pm 4,55$), ortalama değer bir standart sapma altında kalan katılımcılardan oluşurken, yüksek grup ($56,37 \pm 7,81$) ortalama değer bir standart sapma üstünde kalan katılımcılardan oluşmaktadır. Grupların birbirlerinden anlamlı bir şekilde farklılaştığı da bulunmuştur. Diğer taraftan gruplardaki bireylerin N-geri performansları cinsiyet açısından farklılaşmamaktadır. Alanyazında durum belirleme çalışmalarında cinsiyete göre YİB performansları arasında fark olmadığı bulunmuştur (Augusti vd., 2012; Grissom ve Reyes, 2018).

YİB; engelleme, değişim ve güncelleme performanslarını kapsamaktadır. N-geri görevi özellikle tek uyaranlı (örn: sadece ses, sadece görsel) görevlerde engelleme ve güncelleme performanslarını belirlemede kullanılmaktadır (örn: Lawson ve Mayer, 2024). Bununla birlikte iki uyaranlı (ses+konum veya ses+duygu ifadesi gibi) görevlerde ise uyarılar arası değişim görevi de olacağı için YİB performansını belirlemede önemli bir görev olarak görülmektedir. Diğer taraftan, duyguları tanımak, duyguları adlandırmak ve anlık olarak tepki vermek bireylerin kendi yaşantılarında iletişim kurarken ve sosyal-duygusal öğrenme durumlarında oldukça önemli bir beceridir. YİB ve duygu arasındaki etkileşimin sosyal, akademik, profesyonel ve günlük yaşam becerileri üzerindeki etkisi bilindiğinden (Ribeiro vd., 2019); duygusal uyarıların eklendiği ve YİB'in ölçümlendiği bu aracın gelecekteki araştırmalarda kullanımının faydalı olacağı düşünülmektedir. YİB performans puanı sürekli bir değişken olarak ilişkisel çalışmalarda ele alınabilir. Belirli değişkenlerin YİB performansının üzerine etkisi incelendiği deneysel veya boylamsal çalışmalarda faydalanılabilir. Ayrıca beyin görüntülemenin kullanıldığı YİB araştırmalarında duygusal uyarıların etkisinin incelenmesi için kullanılabilir.

Bu çalışmada duygusal yüz ifadelerinde yer alan duygunun eşleştirilmesini hedefleyen duygusal n-geri görevini içermektedir. Bu kapsamda görev diğer n-geri uygulamalarından farklı olarak karmaşık sırada gelen duyguların hatırlanması kapsamında bir görevdir. Ladouceur vd. (2009) olumlu, olumsuz ve nötr duygusal yüz ifadelerinin merkezdeki uyarının (örn: harf) hatırlanmasına etkisini incelemiştir. Diğer taraftan sadece olumlu, olumsuz ve nötr yüz ifadesine sahip resim setlerinden oluşan n-geri görevleri de kullanılmaktadır (Grissmann vd., 2017). Burada da amaç aynı duygusal kategoride yer alan yüzlerden, n-geri durumuna düşen yüzü belirlemek aksi durumda ise hatalı tepki vermemektir. Beyin Atölyesinde ise doğrudan duygu eşlemesi yapılabilmektedir. Bu açıdan diğer görevlerden farklılaşmaktadır. Aynı kişiye ait farklı duygu ifadeleri arasından duygu eşlemesine dayalı n-geri görevi için, hazırlanmış olan yazılımından faydalanılabilecektir. Ayrıca ses ve konum gibi diğer modalitelerle birlikte çeşitli kapsamda görevler hazırlanabilecektir.

Sonuç olarak yazılımı kullanarak veri toplamak isteyen araştırmacılar için veri toplamaya daha elverişli bazı ayarlar yapılmış ve veri toplama sürecini kısmen hızlandırmak hedeflenmiştir. Ayrıca yazılımın kullanımına ilişkin bir kılavuz hazırlanarak bir kaynak dokümanı oluşturulmuştur. Yazılımın ürettiği stats.txt dosyasını yorumlamak üzere bir Excel çalışma kitabı üretilmiş, bu vesileyle her bir skorun hatasız bir şekilde takibini ve veri setinde yorumlanmasını kolaylaştırmak mümkün kılınmıştır. Duygu uyaranları ile zenginleştirilmiş n-geri görevi yazılımı, sosyo-duygusal öğrenme ve bilişsel süreçler hakkında yapılacak çalışmalarda veri toplama aracı olarak kullanılmak üzere alanyazına sunulmuştur.

Yazılımın sınırlılıkları

Yazılım sadece Windows tabanlı ve Windows XP ve sonrası çıkan işletim sistemlerinde çalışmaktadır. Görsellerin ekranda kalma süresi 0.5 saniye olarak ayarlanmıştır. Kaynak kodlar üzerinden değişim yapılmadıkça bu değer sabit kalmaktadır. Yazılımda duygu ifadeleri içeren dört farklı görsel duygu uyaran seti sunulmuştur. Farklı görsel uyaranlarla çalışmak isteyen yazılıma çalışılacak görsel setlerin boyutlarını düzenleyerek yazılıma eklemelidir. Bir araştırmada farklı uyaran ve zorluklardan (n değeri) oluşan farklı görevler kullanılacaksa bunların elle ayarlanması gerekiyor. İleride deneylerde kullanılması için bir n-geri görev setlerinin yazılıma kaydedilerek her katılımcı için aynı sırada uygulanması sağlanması yazılımı pratik hale getirebilecektir.

Kaynakça

- Abdul Rahman, A., Carroll, D. J., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2017). Neural correlates of response inhibition in early childhood: Evidence from a Go/No-Go task. *Developmental neuropsychology*, 42(5), 336-350. <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1355917>
- Altun, A., & Çevik, V. (2012). Çoklu ortam tabanlı bir görev ile çalışma belleğinin ölçülmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Özel Sayı(1), 32-40.
- Ardila, A., Rosselli, M., Matute, E., & Guajardo, S. (2005). The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental neuropsychology*, 28(1), 539-560. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2801_5
- Aron, A. R. (2008). Progress in executive-function research: From tasks to functions to regions to networks. *Current directions in psychological science*, 17(2), 124-129. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00561.x>
- Association for Educational Communications & Technology (2023). *AECT Definition for Educational Technology*. <https://www.aect.org/aect/about/aect-definition>
- Augusti, E. M., Torheim, K., & Melinder, A. (2012). The effect of emotional facial expressions on children's working memory: Associations with age and behavior. *Child Neuropsychology*, 20(1), 86-105. <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2012.749225>
- Berthelsen, D., Hayes, N., White, S. L., & Williams, K. E. (2017). Executive function in adolescence: Associations with child and family risk factors and self-regulation in early childhood. *Frontiers in psychology*, 8, 903. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00903>
- Beuriat, P. A., Cohen-Zimmerman, S., Smith, G. N., Krueger, F., Gordon, B., & Grafman, J. (2020). A new insight on the role of the cerebellum for executive functions and emotion processing in adults. *Frontiers in Neurology*, 11, 593490. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.593490>

- Bi, X. Y., Ma, X., & Tao, Y. (2022). The consistency of the influence of pride and shame on cognitive flexibility: Evidence from ERP. *Neuroscience*, 487, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.12.021>
- Bi, X. Y., Ma, X., Abulaiti, A., Yang, J., & Tao, Y. (2022). The influence of pride emotion on executive function: Evidence from ERP. *Brain and Behavior*, 12(8), Article e2678. <https://doi.org/10.1002/brb3.2678>
- Chatterjee, S. A., Seidler, R. D., Skinner, J. W., Lysne, P. E., Sumonthee, C., Wu, S. S., Cohen, R. A., Rose, D. K., Woods, A. J., & Clark, D. J. (2020). Obstacle Negotiation in Older Adults: Prefrontal Activation Interpreted Through Conceptual Models of Brain Aging. *Innovation in Aging*, 4(4), 1-12. <https://doi.org/10.1093/geroni/igaa034>
- Çağlar-Özhan, Ş., & Altun, A. (2025). Investigation of the interaction of teacher candidates' executive function skills with emotions in computer simulation environment. *Teaching and Teacher Education*, 158, 104970. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.104970>
- Çakır, M. P., Ayaz, H., İzzetoğlu, M., Shewokis, P. A., İzzetoğlu, K., & Onaral, B. (2011). Bridging brain and educational sciences: An optical brain imaging study of visuospatial reasoning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 29, 300-309. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.243>
- De Smet, S., Razza, L. B., Pulopulos, M. M., De Raedt, R., Baeken, C., Brunoni, A. R., & Vanderhasselt, M. (2024). Stress priming transcranial direct current stimulation (tDCS) enhances updating of emotional content in working memory. *Brain Stimulation*, 17(2), 434-443. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2024.03.021>
- Desmet, P. M. A., Vastenburg, M. H., & Romero, N. (2016). Mood Measurement with Pick-A-Mood; Review of current methods and design of a pictorial self-report scale. *Journal of Design Research*, 14 (3), 241–279. <https://doi.org/10.1504/JDR.2016.079751>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64, 135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Durkovic, J., Trninic, J., & Vukovic, V. (2011). Test software functionality, but test its performance as well. *Management Information Systems*, 6(2), 3-7.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2023). *How to design and evaluate research in education* (11th ed.). McGraw Hill LLC.
- Fried, L., Mansfield, C., & Dobozy, E. (2015). Teacher emotion research: Introducing a conceptual model to guide future research. *Issues in Educational Research*, 25(4), 415-441.
- Gijselaers, H. J., Meijs, C., Neroni, J., Kirschner, P. A., & de Groot, R. H. (2017). Updating and Not Shifting Predicts Learning Performance in Young and Middle-Aged Adults. *Mind, Brain, and Education*, 11(4), 190-200. <https://doi.org/10.1111/mbe.12147>
- Gil, M., Cohen, N., & Weinbach, N. (2022). The influence of inhibitory control on reappraisal and the experience of negative emotions. *Cognition and Emotion*, 36(2), 364-371. <https://doi.org/10.1080/02699931.2021.1997923>
- Gökçe, A., Zinchenko, A., Annac, E., Conci, M., & Geyer, T. (2021). Affective modulation of working memory maintenance: The role of positive and negative emotions. *Advances in Cognitive Psychology*, 17(2), 107-116. <https://doi.org/10.5709/acp-0321-7>

- Grissmann, S., Faller, J., Scharinger, C., Spüler, M., & Gerjets, P. (2017). Electroencephalography based analysis of working memory load and affective valence in an N-back task with emotional stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, Article 616. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00616>
- Grissom, N. M., & Reyes, T. M. (2018). Let's call the whole thing off: evaluating gender and sex differences in executive functions. *Neuropsychopharmacology*, 44, 86-96. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0179-5>
- Guy, R., & Byrne, B. (2013). Article Commentary: Neuroscience and Learning: Implications for Teaching Practice. *Journal of Experimental Neuroscience*, 7(1), 39-42. <https://doi.org/10.4137/JEN.S10965>
- Hargreaves, A. (1998). The emotional practice of teaching. *Teaching and teacher education*, 14(8), 835-854. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(98\)00025-0](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(98)00025-0)
- Hartling, C., Metz, S., Pehrs, C., Scheidegger, M., Gruzman, R., Keicher, C., Wunder, A., Weigand, A., & Grimm, S. (2021). Comparison of Four fMRI Paradigms Probing Emotion Processing. *Brain Sciences*, 11(5), 525. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050525>
- Heaton, R. K., & Staff, P. A. R. (1993). *Wisconsin card sorting test: computer version 2*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- Hongmei, S. U. N., Xiaoyue, S. U. N., & Yu, H. A. O. (2022). The Influence of Self-Affirmation on Executive Functioning in a Frustrating Situation. *Studies of Psychology and Behavior*, 20(5), 615. <https://doi.org/10.12139/j.1672-0628.2022.05.006>
- Hu, Y., Wouters, P., van der Schaaf, M., & Kester, L. (2025). Timing of information presentation matters: Effects on secondary school students' cognition, motivation and emotion in game-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 56(1), 318-338. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105111>
- Hussain, S. (2016). Gender differences in executive functions among secondary school students. *Bahria Journal of Professional Psychology*, 15(1), 17-33. <https://bjpp.bahria.edu.pk/index.php/BJPP/article/view/43>
- Kamkar, N. H., & Morton, J. B. (2017). CanDiD: A Framework for Linking Executive Function and Education. *Frontiers in psychology*, 8, Article 1187. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01187>
- Kensinger, E. A., Garoff-Eaton, R. J., & Schacter, D. L. (2007). Effects of emotion on memory specificity: Memory trade-offs elicited by negative visually arousing stimuli. *Journal of memory and language*, 56(4), 575-591. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2006.05.004>
- King, J. S. (2020). Sad mood, emotion regulation, and response inhibition. *Journal of Cognitive Psychology*, 32(5), 573-579. <https://doi.org/10.1080/20445911.2020.1777418>
- Kopf, J., Dresler, T., Reicherts, P., Hermann, M. J., & Reif, A. (2013). The effect of emotional content on brain activation and the late positive potential in a word n-back task. *PLoS ONE*, 8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075598>
- Ladouceur, C. D., Silk, J. S., Dahl, R. E., Ostapenko, L., Kronhaus, D. M., & Phillips, M. L. (2009). Fearful faces influence attentional control processes in anxious youth and adults. *Emotion*, 9(6), 855-864. <https://doi.org/10.1037/a0017747>

- Lamichhane, B., Westbrook, A., Cole, M. W., & Braver, T. S. (2020) Exploring brain-behavior relationships in the N-back task. *Neuroimage*, 212, Article 116683. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116683>
- Lavric, A., Rippon, G., & Gray, J. R. (2003). Threat-evoked anxiety disrupts spatial working memory performance: an attentional account. *Cognitive Therapy & Research*, 27(5). <https://doi.org/10.1023/A:1026300619569>
- Lawson, A. P., & Mayer, R. E. (2024). Individual differences in executive function affect learning with immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(3), 1068-1082. <https://doi.org/10.1111/jcal.12925>
- Li, C. S. R., Huang, C., Constable, R. T., & Sinha, R. (2006). Imaging response inhibition in a stop-signal task: neural correlates independent of signal monitoring and post-response processing. *Journal of Neuroscience*, 26(1), 186-192. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3741-05.2006>
- Li, X., Chan, R. C., & Luo, Y. J. (2010). Stage effects of negative emotion on spatial and verbal working memory. *BMC Neuroscience*, 11(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-60>
- Lie, C. H., Specht, K., Marshall, J. C., & Fink, G. R. (2006). Using fMRI to decompose the neural processes underlying the Wisconsin Card Sorting Test. *Neuroimage*, 30(3), 1038-1049. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.10.031>
- Liu, J., Ang, M. C., Chaw, J. K., Kor, A. L., Ng, K. W., & Lam, M. C. (2025). Assessing the impact and development of immersive VR technology in education: Insights from telepresence, emotion, and cognition. *Technological Forecasting and Social Change*, 213, 124024. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.124024>
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2002). Achievement goal theory and affect: An asymmetrical bidirectional model. *Educational Psychologist*, 37(2), 69-78. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_2
- Lundqvist, D., Flykt, A., & Öhman, A. (1998). *The Karolinska Directed Emotional Faces – KDEF [CD ROM]*. Stockholm: Karolinska Institutet.
- McCabe, D. P., Roediger, H. L. III, McDaniel, M. A., Balota, D. A., & Hambrick, D. Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24(2), 222–243. <https://doi.org/10.1037/a0017619>
- Mohammed, A. R., Kosonogov, V., & Lyusin, D. (2022). Is emotion regulation impacted by executive functions? An experimental study. *Scandinavian Journal of Psychology*, 63(3), 182-190. <https://doi.org/10.1111/sjop.12804>
- Patrawala, N. M. (2018). *Teachers' Executive Functioning Abilities and Levels of Occupational Stress* [Master's Thesis, University of Northern Colorado]. UNCOpen. <https://digscholarship.unco.edu/dissertations/512/>
- Ribeiro, F. S., Santos, F. H., & Albuquerque, P. B. (2019). How does allocation of emotional stimuli impact working memory tasks? An overview. *Advances in Cognitive Psychology*, 15(2), 155. <https://doi.org/10.5709/acp-0265-y>

- Robinson, H., Calamia, M., Gläscher, J., Bruss, J., & Tranel, D. (2014). Neuroanatomical correlates of executive functions: a neuropsychological approach using the EXAMINER battery. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20(1), 52-63. <https://doi.org/10.1017/S135561771300060X>
- Rodas, J. A., Leon-Rojas, J., & Rooney, B. (2024). Mind over mood: exploring the executive function's role in downregulation. *Frontiers in Psychology*, 15, Article 1322055. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1322055>
- Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55(1), 11-29. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00277](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00277)
- Rosen, M. L., Li, A., Mikkelsen, C. A., & Aslin, R. N. (2025). Neural hyperscanning in caregiver-child dyads: A paradigm for studying the long-term effects of facilitated vs. disrupted attention on working memory and executive functioning in young children. *Developmental Review*, 75, 101170. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2024.101170>
- Rusnáková, Š., Daniel, P., Chládek, J., Jurák, P., & Rektor, I. (2011). The executive functions in frontal and temporal lobes: a flanker task intracerebral recording study. *Journal of clinical neurophysiology*, 28(1), 30-35. <https://doi.org/10.1097/wnp.0b013e31820512d4>
- Salminen, T., Strobach, T., & Schubert, T. (2012). On the impacts of working memory training on executive functioning. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00166>
- Scharinger, C., Soutschek, A., Schubert, T., & Gerjets, P. (2015). When flanker meets the n-back: What EEG and pupil dilation data reveal about the interplay between the two central-executive working memory functions inhibition and updating. *Psychophysiology*, 52(10), 1293-1304. <https://doi.org/10.1111/psyp.12500>
- Shultz, S., & Dunbar, R. I. M. (2010). Species differences in executive function correlate with hippocampus volume and neocortex ratio across nonhuman primates. *Journal of Comparative Psychology*, 124(3), 252. <https://psycnet.apa.org/buy/2010-16166-002>
- Shepherd, A. M., Quidé, Y., Laurens, K. R., O'Reilly, N., Rowland, J. E., Mitchell, P. B., Carr, V. J., & Green, M. J. (2015). Shared intermediate phenotypes for schizophrenia and bipolar disorder: neuroanatomical features of subtypes distinguished by executive dysfunction. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 40(1), 58-68. <https://doi.org/10.1503/jpn.130283>
- Soveri, A., Lehtonen, M., Karlsson, L. C., Lukasik, K., Antfolk, J., & Laine, M. (2018). Test-retest reliability of five frequently used executive tasks in healthy adults. *Applied Neuropsychology: Adult*, 25(2), 155-165. <http://dx.doi.org/10.1080/23279095.2016.1263795>
- Stark, L., Malkmus, E., Stark, R., Brünken, R., & Park, B. (2018). Learning-related emotions in multimedia learning: An application of control-value theory. *Learning and Instruction*, 58, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.05.003>
- Vuilleumier, P., & Huang, Y. M. (2009). Emotional attention: Uncovering the mechanisms of affective biases in perception. *Current Directions in Psychological Science*, 18(3), 148-152. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01626.x>

- Waris, O., Soveri, A., Ahti, M., Hoffing, R. C., Ventus, D., Jaeggi, S. M., Seitz, A. R., & Laine, M. (2017). A latent factor analysis of working memory measures using large-scale data. *Frontiers in Psychology, 8*, Article 1062. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01062>
- Zelazo, P. D., Blair, C. B., & Willoughby, M. T. (2016). *Executive Function: Implications for Education (NCER 2017-2000)*. Washington, DC: National Center for Education Research.
- Zhang, M., Li, P., Yu, L., Ren, J., Jia, S., Wang, C., He, W., & Luo, W. (2023). Emotional body expressions facilitate working memory: Evidence from the n-back task. *PsyCh Journal, 12*(2), 178-184. <https://doi.org/10.1002/pchj.616>