

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
PSİKOLOJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLERİYE DÖNÜK ARALIK ZAMANLAMANIN ACT-R İLE
BİLİŞSEL MODELLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Behiye ŞAHİN

2501191525

TEZ DANIŞMANI

Birinci Tez Danışmanı: Profesör Doktor Sevtap CİNAN

İkinci Tez Danışmanı: Profesör Doktor Neslihan Serap ŞENGÖR

İSTANBUL – 2024

İLERİYE DÖNÜK ARALIK ZAMANLAMANIN ACT-R İLE

BİLİŞSEL MODELLENMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

ÖZ

BEHİYE ŞAHİN

İleriye dönük aralık zamanlamada dikkat, önemli bir bilişsel süreçtir. Dikkatin zaman algısındaki etkisini açıklamaya çalışan Dikkat Kapısı Modeline göre zamansal farkındalığı içeren durumlarda dikkatimizi zamana daha çok yöneltir ve zamanı olduğundan daha uzun algılarız. Diğer yandan karmaşık ve görece daha zor görevlerde dikkatimizi zamana daha az yöneltir ve zaman aralığını olduğundan daha kısa algılarız. Çalışmada Dikkat Kapısı Modelinin bu öngörüsü test edilmiştir. Bilişsel mimariler, zaman algısı gibi bilişsel işlevlerin altında yatan süreçleri açıklamaya yardımcı olan araçlardır. En yaygın kullanılan psikolojik yönelimli bilişsel mimarilerden biri olan ACT-R da bu çalışmada ileriye dönük zaman algısını anlamak için kullanılmıştır. Ek olarak katılımcı performansları ile karşılaştırılarak ACT-R'ın ileriye dönük aralık zamanlama performansı değerlendirilmiştir.

Çalışmanın amacı görev zorluğunun aralık zamanlama performansı üzerindeki etkisini test etmektir. Bunun için çift-görevli zamanlama görevi kullanılmış ve katılımcılardan aralık zamanlama görevi ile eş zamanlı olarak zamanla ilgili olmayan kolay ve zor görevleri yapmaları istenmiştir. Ek olarak bu çalışmada, katılımcıların ve modelin zaman tahmini performansının giderek iyileşmesine karşılık gelen bir öğrenme etkisi beklenmiştir. İki beklenti de hem katılımcı performansı hem de model performansı açısından değerlendirilmiş ve katılımcılar ile modelin performansları arasındaki uyum test edilmiştir.

Yürütülen analizler sonucunda, katılımcılarda zaman aralığı öğrenme etkisi görülmemiştir. Katılımcı verilerine bakıldığında görev zorluğunun zaman tahmini üzerinde bir etkisi olduğu bulunamamıştır. Model verileri için yürütülen analiz sonuçlarına bakıldığında ise modelde zaman aralığı öğrenme etkisi gözlenmiş ve görev zorluğunun zaman tahmininde değişikliğe neden olduğu gösterilmiştir. Model ve katılımcı verilerinin uyumu iyi çıkmamıştır. Mevcut çalışma, bir bilişsel mimaride

oluşturulmuş modeller kullanarak zaman algısının anlaşılmasına katkı sağlama girişimini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Zaman algısı, aralık zamanlama, dikkat kapısı modeli, bilişsel mimari, ACT-R



AN INVESTIGATION ON COGNITIVE MODELING OF PROSPECTIVE INTERVAL TIMING WITH ACT-R

ABSTRACT

BEHİYE ŞAHİN

Attention is an important cognitive process in prospective interval timing. According to the Attentional Gate Model, which tries to explain the effect of attention on time perception, in situations involving temporal awareness, we direct our attention more toward time and perceive time as longer than it is. On the other hand, in complex and relatively more difficult tasks, we pay less attention to time and perceive the time interval as shorter than it is. In this study, this prediction of the Attentional Gate Model was tested. Cognitive architectures are tools that help explain the processes underlying cognitive functions such as time perception. The ACT-R, one of the most widely used psychologically oriented cognitive architectures, was also used in this study to understand prospective time perception. In addition, the prospective interval timing performance of the ACT-R was evaluated by comparing it with participant performance.

The study aims to test the effect of task difficulty on interval timing performance. For this, a dual-task timing task was used and participants were asked to perform easy and difficult tasks that were not related to time simultaneously with the interval timing task. In addition, a learning effect was expected in the form of gradual improvement in the time estimation performance of the participants and the model. These two expectations were evaluated in terms of both participant performance and model performance, and the agreement between participant and model performance was tested.

According to the results of the analyses, no time interval learning effect was observed in the participants. Investigating the participant data, task difficulty was not found to have an effect on time estimation. As the results of the analysis conducted for the model data were analyzed, the time interval learning effect was observed in the model and it was concluded that task difficulty caused a change in time estimation. The model did not yield a good fit to the behavioral data. The current study may

represent an attempt to contribute to the understanding of time perception by using cognitive models implemented in a cognitive architecture.

Keywords: Time perception, interval timing, attentional gate model, cognitive architecture, ACT-R

ÖNSÖZ

İlk olarak birinci tez danışmanım olan Prof. Dr. Sevtap Cinan'a hem yüksek lisans sürecinde kendisinden aldığım derslerde öğrettiği değerli bilgiler hem de tez sürecimdeki katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Bu süreçte destekleyici bir danışman hocaya sahip olmanın oldukça önemli olduğunu ve bu bakımdan şanslı olduğumu düşünüyorum. Ayrıca tezimde çok fazla emeği bulunan ikinci tez danışmanım Prof. Dr. Neslihan Serap Şengör'e teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Sadece akademik anlamda değil, hayata bakış açısında da bana her zaman örnek olmuştur. Tez sürecim boyunca yaptığımız sayısız görüşmelerin her birinde kendisinden yeni bir bilgi öğrendim, öğrencisi olmak benim için çok büyük bir kazanım. Her iki danışman hocam da başlangıçta bilgimin sınırlı olduğu bu alanda çalışmak için beni cesaretlendirdiler, bunun için de kendilerine müteşekkirim.

Destek oldukları konulardan en az biri olan veri toplama sürecimde bana çok yardımcı olan arkadaşlarım Sebile Eskili ve Begüm Eser'e teşekkür ederim. Empati kurmalarına 'ayrıca' ihtiyaç olmadan aynı süreci paylaştığım ve desteklerini eksik etmeyen bölüm arkadaşlarım Hilal Kotan ve Asiye Taşçı'ya teşekkür ederim. Zamanı göremeyiz, ölçüp ölçülemeyeceği bile bir muamma... Ama zamanın alınıp verilebildiğini gösteren, tez sürecinde bana yardım ederek zaman hediye eden Sonay Duman'a çok teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ailem ve arkadaşlarıma, eğitim hayatım boyunca emeği geçen hocalarıma teşekkürü borç bilirim. Tezimi, onu asla okuyamayacak olan hayatıma renk katan köpeğim Phoebe'ye ithaf ediyorum.

BEHİYE ŞAHİN

İSTANBUL, 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	<u>Sayfa</u> ii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BİLİŞSEL MODELLEME VE ACT-R

1.1. BİLİŞSEL MODELLEME.....	4
1.1.1. Bilişsel Mimari	6
1.1.2. Bilişsel Mimari Örnekleri.....	7
1.1.2.1. CLAIRON	7
1.1.2.2. SOAR	8
1.1.2.3. EPIC	9
1.2. ACT-R.....	9
1.2.1. ACT-R'ın Temel Yapısı.....	10
1.2.1.1. Deklaratif (Bildirimsel) Modül.....	12
1.2.1.2. Prosedürel Modül	12
1.2.1.3. Hedef Modülü.....	13
1.2.1.4. Görsel Modül.....	13
1.2.1.5. Motor Modül	14
1.2.1.6. Temporal Modül.....	14

İKİNCİ BÖLÜM

ZAMAN ALGISI VE ARALIK ZAMANLAMA

2.1. ZAMAN ALGISI MODELLERİ	21
2.1.1. İçsel Saat Modeli.....	21
2.1.2. Skaler Beklenti Modeli.....	21
2.1.3. Dikkat Kapısı Modeli	23

2.2. ZAMAN ALGISININ NÖROANATOMİK TEMELİ	26
--	----

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ACT-R KULLANILAN ZAMAN ALGISI ÇALIŞMALARI

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN AMACI VE HİPOTEZLER

4.1. ÇALIŞMANIN AMACI	34
4.2. ÇALIŞMANIN TEMEL HİPOTEZLERİ	35

BEŞİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

5.1. KATILIMCILAR	36
5.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI	37
5.2.1. Katılımcı Bilgi Formu	37
5.2.2. Beck Depresyon Envanteri	37
5.2.3. Durumluk Kaygı Ölçeği	38
5.2.4. Motivasyon Ölçeği	39
5.2.5. Çift-Görevli Zamanlama Görevi	39
5.2.6. Çalışmada Kullanılan Programlama Dilleri ve Programlar	42
5.2.6.1. Python Programlama Dili	42
5.2.6.2. Lisp Programlama Dili	42
5.2.6.3. ACT-R Kullanıcı Grafik Arayüzü	43
5.3. İŞLEM	43
5.3.1. Deneyle İlgili İşlemler	43
5.3.2. Modelin Çalıştırılması	47

ALTINCI BÖLÜM

BULGULAR

6.1. ARAŞTIRMA DESENİ VE ANALİZ	48
6.2. BULGULAR	50
6.2.1. Betimsel İstatistikler	50
6.2.2. Analiz Sonuçları	51
6.2.2.1. Davranışsal Verilere İlişkin Bulgular	53
6.2.2.2. Model Verilerine İlişkin Bulgular	59

6.2.2.3. Model Uyumuna İlişkin Bulgular.....	65
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	70
KAYNAKÇA	78
EKLER.....	91



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 6.1. Koşullara Göre Yaş Ortalamaları.....	51
Tablo 6.2. Beck Depresyon Envanteri (BDE) ve Durumluk Kaygı Ölçeğinden (DKÖ) Alınan Puanların Ortalamaları.....	51
Tablo 6.3. Modelin Sapma Değerlerinin Mutlak Değer Olarak Ortalama Değerleri ve Aritmetik Ortalama Değerleri	52
Tablo 6.4. Katılımcı ve Model Zaman Tahmini Sapma Değerlerinin Çarpıklık ve Basıklık Değerlerinin Aşamalara Göre Dağılımı.....	53
Tablo 6.5. Katılımcıların Dahil Oldukları Koşullarda Her Bir Aşama için Zaman Tahmini Sapma Değeri Ortalamaları	54
Tablo 6.6. Katılımcı Verilerinin Karma Desen ANOVA Sonuçları.....	55
Tablo 6.7. Modelin Farklı Görev Koşullarında Her Bir Aşama için Zaman Tahmini Sapma Değeri Ortalamaları	60
Tablo 6.8. Model Verilerinin Karma Desen ANOVA Sonuçları.....	61
Tablo 6.9. Model ile Katılımcı Verilerinin Uyum İyiliği İstatistikleri.....	66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. ACT-R Yapı ve Fikirlerinin Tarihsel Gelişimi.....	10
Şekil 1.2. ACT-R 7'nin Temel Yapıları.....	16
Şekil 2.1. Skaler Beklenti Modelinin Şemasal Gösterimi.....	22
Şekil 2.2. Dikkat Kapısı Modelinin Şemasal gösterimi.....	24
Şekil 5.1. Çift-Görevli Zamanlama Görevinden Bir Ekran Görüntüsü.....	41
Şekil 5.2. Uyarıların Sunum Süresi ve Uyarılar Arası Süre.....	46
Şekil 6.1. Katılımcıların HHH ve TTT Koşullarının Birinci ve İkinci Aşamasındaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılımlarının Grafikleri.....	57
Şekil 6.2. Katılımcıların 91. Denemedeki Zaman Tahmini Sapma Değerlerinin Dağılımı.....	59
Şekil 6.3. Modelin HHH ve TTT Koşullarının Birinci ve İkinci Aşamadaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılımlarının Grafikleri.....	62
Şekil 6.4. HHT ve TTH Koşullarının İkinci ve Üçüncü Aşamalarındaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılım Grafikleri.....	63
Şekil 6.5. Modelin 91. Denemedeki Sapma Değerlerinin Dağılımı.....	65
Şekil 6.6. Katılımcı ve Model Verilerinin Dört Koşul için Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılım Grafikleri.....	69

KISALTMALAR LİSTESİ

ACT-R	: Adaptive Control of Thought - Rational
AGI	: ACT-R Graphical User Interface
Bkz	: Bakınız
BDE	: Beck Depresyon Envanteri
DA	: Dopamin
DKM	: Dikkat Kapısı Modeli
DKÖ	: Durumluk Kaygı Ölçeği
DSKE	: Durumluk-Sürekli Kaygı Envanteri
fMRI	: Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
IDE	: Integrated Development Enviroment
KSB	: Kısa Süreli Bellek
ms	: Milisaniye
Örn	: Örneğin
RMSE	: Root Mean Square Error
s	: Saniye
SBM	: Skaler Beklenti Modeli
TMS	: Transkraniyal Manyetik Stimülasyon
USB	: Uzun Süreli Bellek

GİRİŞ

Zamanı algılayabilmemiz için bir duyu organımız olmamasına rağmen günlük hayattaki işlerimizi doğru zamanlama ile yerine getirmek için zaman tahmininde bulunuruz. Zaman tahmini, dikkat, bellek gibi birçok bilişsel süreç ve dışsal faktörden etkilenmektedir. Bir olayın gerçekleşmesini beklerken zamanın bir türlü geçmediğini ya da karmaşık işler yaparken zamanın olduğundan daha hızlı geçtiği hissini hepimiz deneyimleriz. Örneğin, bir kaptaki suyun başında durup kaynamasını beklediğimizde çok uzun sürüyor gibi hissederiz. Karmaşık işler yaptığımız duruma örnek olarak da üniversiteye giriş sınavı gibi farklı alanlardan çok fazla soru içeren bir sınav sırasında zamanın olduğundan daha hızlı aktığını düşünürüz. Bu iki örnekte de ortak olan zamanı algılamamızda dikkatin rolüdür. Dikkatin zaman algımızdaki rolünü açıklamaya çalışan bir model olan Dikkat Kapısı Modeline (**Attentional Gate Model**, DKM) göre örnekte verildiği gibi bekleme durumlarında dikkatimizi zamana yönlettiğimiz için zamanı olduğundan uzun algılarız. Dikkat Kapısı Modeli (DKM), zaman algısını ve zaman algısındaki süreçleri açıklamaya çalışan bilişsel bir modeldir. Modelin bileşenleri şu şekildedir: Hız düzenleyici, anahtar, dikkat kapısı, akümülatör, bellek. Bu bileşenlerden hız düzenleyici zamanı temsil eden tikleri üretir, dikkat kapısı bu tiklerin bir sonraki bileşen olan akümülatöre geçişini kontrol eder. Tikler akümülatörde toplanır ve akümülatördeki tik sayısı zaman aralığının uzunluğu hakkında bize bilgi verir. Modele göre bir olayın gerçekleşmesini beklediğimiz durumlarda dikkatimizi zamana yönlettiğimiz için dikkat kapısı olarak tanımlanan bileşen açılır ve akümülatöre daha fazla tik girer. Bu durumda zaman aralığını olduğundan daha uzun algılarız. Diğer örnekte olduğu gibi karmaşık görevleri yerine getirirken ise dikkatimizi daha çok göreve yöneltip daha az zamana yönelteceğimiz için dikkat kapısı daha az açılacaktır. Dolayısıyla akümülatöre daha az tik girecek ve zamanı olduğundan kısa algılayacağız. Bu çalışmada ilk olarak DKM'nin öngördüğü üzere farklı görevlerde zaman tahminimizin değişip değişmediği test edilmiştir. Kolay ve zor görevlerin yer aldığı çift-görev zamanlama görevi kullanılmıştır. Bu öngörüler sadece insanda değil en yaygın kullanılan psikolojik yönelimli bilişsel mimarilerden biri olan ACT-R'da da test edilmiştir.

Bilişsel mimari, insan zihninin yapısını ve süreçlerinin altında yatan süreçleri anlamamız için önemli bir araçtır ve biliş anlayışını geliştirmek için yararlıdır. Bu çalışmada en yaygın olan bilişsel mimarilerden biri olan Rasyonel Bilginin Adaptif Kontrolü (ACT-R) kullanılmıştır. Hibrit bir bilişsel model olan ACT-R'da bilgi iki düzeyde temsil edilir: Sembolik ve alt-sembolik. Her iki düzeyde de bilgi deklaratif (bildirimsel) ve prosedüredir. ACT-R'da deklaratif bellek, gerçek olaylar ve deneyimler için tanımlanmışken prosedürel bellek beceri ve işlemler içindir. ACT-R'da modül ismi verilen yapılar bulunmaktadır. Modüller, kabaca beyin yapılarını temsil eden büyük ölçüde bağımsız sistemlerdir. ACT-R temporal modülü insanın zamansal akıl yürütmesini ve zaman tahmini davranışını modellemek için oluşturulmuştur. Temporal modülün insanlara benzer şekilde zaman tahmini yapması beklenmektedir. Temporal modülün oluşturulduğu ve performansının test edildiği ilk çalışma Taatgen, van Rijn ve Anderson (2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada çift-görev zamanlama görevi ile zaman tahmini performansları ölçülmüş ve modelin uyumu test edilmiştir. Mevcut çalışmada, bu çalışmaya ilişkin küçük değişiklikler yapıp test edilmiştir.

Çalışmanın genel amacı ileriye dönük aralık zamanlama performansını incelemek ve modelin, katılımcı performansları ile uyumunu test etmektir. İnsan ve modelin aralık zamanlama performansının değerlendirilmesi için Taatgen, Anderson ve van Rijn'in 2007 yılındaki çalışmalarının deney düzeneği yeniden oluşturulmuştur. Deneyde katılımcılara çift-görevli zamanlama görevi uygulanmıştır. Bu görevde, kolay ve zor olmak üzere iki farklı zorlukta görev bulunmaktadır. Kolay görevde katılımcılara 'A' ve 'B' harf uyaranları sunulmuş ve sadece 'A' harfine tıklamaları istenmiştir. Zor görevde doğru ve yanlış sonuçlu toplama işlemleri sunulmuş ve katılımcıların sadece doğru sonuçlu olanlara tepki vermeleri beklenmiştir. Deneyde dört koşul yer almaktaydı: Sadece harf görevinin yer aldığı HHH koşulu, sadece toplama işlemi görevinin yer aldığı TTT koşulu, önce harf görevinin sonra toplama işlemi görevinin yer aldığı HHT ve önce toplama işlemi görevinin sonra harf görevinin yer aldığı TTH koşulu. Her bir koşulda katılımcıların kolay ya da zor görevi yaparken eş zamanlı olarak zaman tahmini de yapmaları beklenmekteydi. Çift-görev zamanlama görevi ile zaman tahmininin, kendisinin bir ana göreve göre ikincil olduğu bağlamlarda

da çalışılması sağlanmıştır. Bu, zaman tahmininin günlük yaşamda oynadığı doğal role karşılık gelmektedir. Orijinal çalışmadan farklı olarak mevcut çalışmada zaman aralığı üretimi paradigması tercih edilmiştir. Çalışmada zaman aralığını tahmin etmede öğrenme ve görev zorluğunun etkisine bakılmaktadır. Katılımcıların zaman aralığı tahmininin giderek iyileşeceği beklenmekte ve modelde de benzer bir öğrenme etkisinin olacağı düşünülmektedir. Görev zorluğu açısından bakıldığında çift-görevli zamanlama görevinde zaman tahmini ile eş zamanlı yapılan görevin zorluğu zaman tahminini etkilemektedir. Buna göre zaman tahmininde bulunurken eş zamanlı olarak yapılan görev zor olduğunda dikkat, zamansal olmayan görev ve zaman tahmini görevi arasında paylaşılacaktır. Dikkat Kapısı Modeline göre bu durumda zamanla ilgili olmayan göreve (toplama işlemi görevi) daha fazla dikkat yöneltileceği için zamanı olduğundan daha kısa algılarız. Tersisi şekilde zamanla ilgili olmayan görevin görece daha az karmaşık ve kolay olduğu durumlarda (harf tanıma görevi) dikkatimizi zamana daha çok yöneltiriz. Bu da zaman aralığını olduğundan daha kısa algılamamıza sebep olur. Görev zorluğunun zaman tahmini üzerine etkisine ilişkin bir diğer beklenti ise görev zorluklarının değiştiği sırada zaman tahmini performanslarının farklılaşacağına dairdir. Kolay görevden sonra zor görevi yerine getirirken akümülatördeki tikleri güncellemenin zorluğundan kaynaklı görevler arası geçişte zaman tahminleri standart süreden daha uzun olacaktır. Görev zorlukları zordan kolayla değişirken ise bilişsel yük önceki kadar fazla olmayacağı için zaman aralığı olduğundan daha kısa algılanır.

Özetle bu çalışmada, ileriye dönük zaman algısında dikkatin etkisi incelenmekte ve beraberinde ACT-R'ın temporal modülünün bu etkiyi modelleme performansı değerlendirilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

BİLİŞSEL MODELLEME VE ACT-R

Bu bölümde bilişsel modellemeden, bir bilişsel modelleme yapısı olan bilişsel mimariden ve bilişsel mimari örneklerinden biri olan ACT-R'dan bahsedilecektir.

1.1. BİLİŞSEL MODELLEME

Bilişsel modelleme kavramını açıklamadan önce “Model nedir?” sorusunu cevaplamakta fayda vardır. Model, gerçek dünyadaki bir sistem veya olgunun basitleştirilmiş bir temsili veya taklididir. Modeller aracılığıyla bu sistemin davranışını daha iyi anlayabilir ve öngörülerde bulunabiliriz. Bilişsel psikoloji ve bilişsel bilimlerdeki modeller ise algı, dikkat, bellek, dil, karar verme ve problem çözme gibi bilişsel işlevleri ve bu işlevlerin mekanizmalarının teorik bir temsilini ifade ederler. Bu iki alandaki birçok modelden (Örneğin, davranışsal modeller ve nörobiyolojik modeller gibi) biri bilişsel modellerdir. Bilişsel modelleme, insan zihinsel süreçleri ve davranışının hesaplamalı modellerini oluşturmayı amaçlayan bilişsel bilimlerin bir alt alanıdır. Bu modeller, insan beyninde meydana gelen bilişsel süreçleri benzetim aracılığıyla anlamamıza yardımcı olur (Busemeyer ve Diederich, 2010). Diğer bir ifadeyle bilişsel modeller, zihnin bir bilgi işlemci olduğu ve bilişin bilgi işleme eylemi olduğu varsayımıyla çalışırlar.

Bilişsel model, bir çatı kavramdır. Bilişsel modeller kendi aralarında sembolik, bağlantısal ve hibrit (melez) modeller olarak ayrılmaktadırlar. Sembolik modeller, bilişsel işlevleri açıklamak için sembol ve temsiller kullanan modellerdir. Sembolik modellerin avantajlarından biri bileşimsel olmalarıdır; modelin işlevi bileşenlerinin işlevidir. Sembolik modellerin diğer bir avantajı, bu modellerde kullanılan sembolik temsillerin kolayca anlaşılabilmesi ve analiz edilebilmesi nedeniyle yorumlanabilirliği ve şeffaflığıdır (Rutledge-Taylor, Kelly, West ve Pyke, 2014). Bir diğer ismi paralel dağıtık işleme olan bağlantısal modeller, bilişsel işlevleri beyin nöral düzenine benzer şekilde paralel çalışan birimler olarak ele alır (Anderson, 2020, s.75). Bilişsel yönelik dinamik bakış açısı, bilişsel sistemlerin dinamik sistemleri açıklayan aynı kavramlarla tanımlanabileceğini öne sürer (McClelland ve Cleeremans, 2009).

Bağlantısal modeller, dinamik sistemler nasıl ki sistemin zaman içinde gelişimini diferansiyel denklemler cinsinden tanımlayabiliyorsa bilişsel sistemlerin de aynı şekilde tanımlanabileceğini iddia eden bakış açısına sahiptir. Deneysel-bilişsel görevleri gerçekleştirmek için yapay sinir ağ modellerini eğiterek araştırmacılar bilişsel işlemede bağlanabilirliğin rolünü bu modeller ile araştırabilirler (McClelland ve diğ., 2010). Hibrit modeller ise, isminden de anlaşılacağı üzere sembolik ve bağlantısal modellerin birleşiminden oluşan modellerdir. Sembolik modeller, üst düzey bilişsel işlevleri (akıl yürütme, problem çözme, planlama karar verme gibi) açıklamada etkili olduğundan ve bağlantısal modeller de temel bilişsel işlevleri (algı, bellek gibi) açıklamada daha iyi olduğundan iki modelin birleşimi bilişsel işlevleri anlama ve açıklamada daha etkili olacağı düşüncesiyle ortaya çıkmıştır. Bu nedenle hibrit modeller bağlantısal modellerin açıklamada yetersiz olduğu üstbilişsel işlevler gibi bilişsel işlevleri; sembolik modellerin açıklamada yetersiz olduğu işlevleri açıklamaya çalışarak daha kapsamlı bir biliş anlayışı sunmayı hedefler (Kelly ve West, 2019).

Bilişsel psikoloji ve bilişsel modelleme ilişkisine baktığımızda ise bilişsel modelleme, bu iki alanın da konusu olan bilişsel işlevleri anlamak için kullanılan araçlardan biridir. Bilişsel psikoloji kuramları, bilişsel modelleme teknikleri kullanılarak test edilebilir ve desteklenebilir. Örneğin, TODAM (Murdock, 1982) gibi insan bellek yapısını anlamaya yönelik bellek modelleri bilişsel modelleme teknikleri kullanılarak test edilebilir. Ayrıca bilişsel modelleme teknikleri, bilişsel psikolojik teorilerin ve hipotezlerin geliştirilmesine veya güncellenmesine yardımcı olabilir. Bilişsel modellerin çeşitli alanlarda birçok farklı uygulaması vardır. Klinik psikologlar, zihinsel bozukluğa sahip olmayan ve zihinsel bozukluğa sahip bireyler (örneğin şizofrenik bozukluğa sahip olanlar) arasındaki bilişsel işlemedeki bireysel farklılıkları değerlendirmek amacıyla bilişsel modeller kullanmaktadırlar (Bussemeyer ve Diederich, 2010). Bilişsel sinirbilimciler, farklı beyin bölgelerindeki bilişsel işlevleri anlamak için bilişsel modeller kullanmaktadırlar.

Bilişsel modelleme adımları şu şekildedir: İlk adım, kavramsal bir teorik çerçeveyi ele almak ve varsayımlarını daha kesin bir matematiksel dil veya programlama dili açıklamasına dönüştürmektir. Örneğin, daha önce kısaca anlatılan

TODAM bellek modelini ele alalım. TODAM’da bellek ögelerinin hepsi rastgele vektörler olarak tanımlanır (Murdock, 1997). Bu ilk adım, modeli oluşturmak için kavramsal teorinin temel bilişsel ilkelerini kullanır. Genellikle kavramsal teori, bir modeli tam olarak belirlemek için yetersizdir veya önemli ayrıntılar eksiktir. Bu durumda ikinci adım, modeli tamamlamak için ayrıntılı ek varsayımlar yapmaktır. Bu adım genellikle kesin nicel tahminler oluşturmak için gereklidir. Çoğu zaman modellerde başlangıçta bilinmeyen parametreler veya katsayılar bulunur. Bu nedenle üçüncü adımda, teorisyenler model parametrelerinin sayısını en aza indirmeye çalışırlar fakat bu, genellikle modellemenin gerekli ve önemli bir adımıdır. Dördüncü adım, ampirik sonuçları açıklama seviyelerine göre rakip modellerin tahminlerini karşılaştırmaktır. Araştırmacılar rakip modelleri ampirik olarak test etmek için iki modelden zıt niteliksel veya sıralı tahminlere yol açan deneysel koşullar tasarlamaya çalışırlar. Son adım genellikle baştan başlamak ve teorik çerçeveyi yeniden formüle etmek ve yeni deneysel sonuçlardan elde edilen geri bildirimler ışığında yeni modeller oluşturmaktır. Model geliştirme ve test etme hiç bitmeyen bir süreçtir. Her zaman yeni deneysel bulgular keşfedilir ve önceki modellere eklentiler ve/veya değişiklikler yapılması gerekir. Bu yeni deneysel sonuçları hesaba katmak için önceki modellerin değiştirilmesi veya genişletilmesi gerekir veya bazı durumlarda eski modelleri atıp baştan başlamamız gerekir. Böylece modelleme süreci, bir alandaki bilgi birikimi arttıkça zaman içinde gelişen ve daha güçlü hale gelen modellerin bir evrimini üretir.

Sun (2016) bilişsel modellemenin önemini vurgulamak için şu cümleyi kurmuştur: “*Eğer yakın zamanda beynin her bir detayını çok iyi bir şekilde anlamış olsak bile beynin işlevlerini anlamak için net, mekanik, süreç temelli üst düzey anlayışa ihtiyacımız olacaktır.*” Buna göre beynin nasıl çalıştığını anlasak bile belirli bilişsel işlevlerde hangi alt işlevlerin dahil olduğu ve neden dahil olduğunu anlamak için modelleme bilgilerine hala ihtiyaç duyulacaktır.

1.1.1. Bilişsel Mimari

Bilişsel mimari terimini, bilişsel bilimler literatürüne Alan Newell kazandırmıştır (Bell ve Newell, 1971). Newell bu terimi, Fred Brooks'un bilgisayar bilimlerinde tanımladığı **bilgisayar mimarisi** teriminden uyarlamıştır. Newell (1990) bilişsel mimariyi şu şekilde tanımlamaktadır: “*Bilişsel performans ve öğrenmenin*

anlık süreçleri için çerçeveyi oluşturan sabit (ya da yavaş değişen) bir yapı." Anderson (2007) ise şu şekilde bir tanım yapar: *"Bilişsel mimari beynin yapısının, zihnin işlevi nasıl gerçekleştirdiğini açıklayan bir soyutlama düzeyindeki tanımlamasıdır."* Bilişsel mimari çalışmaları, insan bilişini anlamak için yapı ve işlevlere ayrı ayrı odaklanmak yerine bu ikisi arasındaki ilişkiyi anlamamanın önemi üzerinde durur (Anderson, 2007, s.5).

Bilişsel mimarilerin işlevi, zihnin çeşitli bileşenlerinin veya süreçlerinin daha ayrıntılı modellenmesini ve anlaşılmasını kolaylaştırmak için genel bir çerçeve sağlamaktır (Sun, 2004). Psikolojik yönelimli bilişsel mimariler, yazılım mühendisliği yönelimli bilişsel mimariler ile karşılaştırıldığında özellikle önemlidir (Sun, 2007). Çünkü ACT-R, CLAIRON ve SOAR gibi psikolojik yönelimli bilişsel mimariler insan bilişine yeni bir ışık tutarlar ve bu nedenle biliş anlayışını geliştirmek için yararlıdırlar. Toplu insan davranışı ve sosyal fenomenleri anlamak için temel bir görev görürler ve bilişsel olarak gerçekçi ve dolayısıyla birçok yönden insana daha çok benzeyen 'akıllı' sistemlerdir.

1.1.2. Bilişsel Mimari Örnekleri

Bu alt bölümde, bilişsel bilimler ve bilişsel psikoloji alanlarında en çok kullanılan psikolojik yönelimli bilişsel mimariler kısaca açıklanacaktır.

1.1.2.1. CLAIRON

Bu bilişsel mimari 2004 yılında Sun ve araştırma grubu tarafından geliştirilmiştir. CLAIRON, bütünleştirici bir modeldir ve dört adet fonksiyonel alt sistemi vardır. Bu sistemler şu şekildedir: a) Eylem-merkezli alt sistem (**Action-Centered Subsystem**): Fiziksel hareketler, zihinsel işlemler gibi eylemleri kontrol eder. b) Aksiyon-merkezli olmayan alt sistem (**Non-Action-Centered Subsystem**): Genel bilgilerden sorumlu alt sistemdir. c) Motivasyonel alt sistem (**Motivational Subsystem**): Algı, eylem ve bilişin altına yatan motivasyon ile ilgili alt sistemdir. d) Üstbilişsel alt sistem (**Metacognitive Subsystem**): Diğer bütün alt sistemlerdeki işlemleri takip etmek, yönetmek ve iyileştirmekten sorumludur.

Temel yaklaşımı, açık ve örtük biliş arasındaki dikotomidir. CLAIRON, çok çeşitli psikolojik görevleri, verileri ve olayları simüle ederek ve açıklayarak

doğrulandığı sürece psikolojik süreçli modellemede oldukça gerçekçidir (Sun, 2016, s.6.). Sosyal süreçler ve olgular gibi yüksek düzeyli psikolojik sorunları ele almaktadır.

1.1.2.2. SOAR

SOAR Laird, Newell ve Rosenbloom tarafından 30 yılı aşkın bir süredir geliştirilmektedir. Bu bilişsel mimari 1950'lerden 1970'lerin sonuna kadar Simon ve Herbert'ın **Genel Problem Çözücü (General Problem Solver)** üzerine yaptıkları çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır ve sembolik modelleme paradigmalarından biridir. SOAR diğer psikolojik yönelimli bilişsel mimariler gibi anlık tepkiler, ayrı motor beceriler, bellek ve öğrenme, problem çözme ve dil gibi çeşitli bilişsel işlevleri anlamak için oluşturulmuş bir teoridir (Newell, 1992).

SOAR'ın temel özelliklerinden biri, sembolik bir çalışma belleği, kural tabanlı bir prosedürel bellek, uzun süreli bir semantik bellek, bir epizodik bellek ve algı ile eylem için arayüzler içeren bilişsel mimari olmasıdır (Mininger ve Laird, 2018). Bu bileşenler öznenin bilgi ve deneyimlerine dayalı olarak akıl yürütmesini, öğrenmesini ve karar vermesini sağlamak için birlikte çalışırlar (Dang ve diğerleri, 2017).

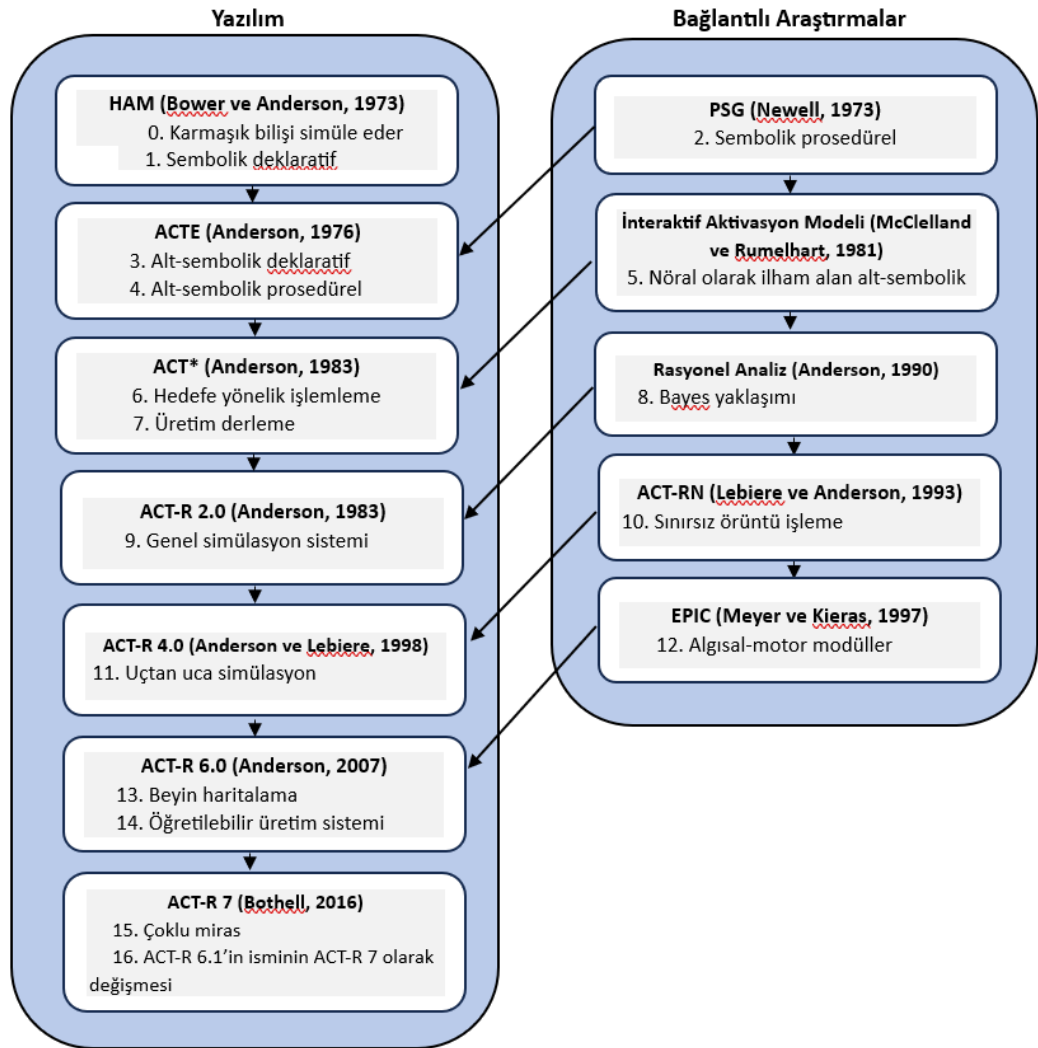
Üç uzun süreli sembolik bellek olan prosedürel, semantik ve epizodik birbirinden bağımsızdır ve ayrı öğrenme mekanizmaları vardır. Prosedürel uzun süreli bellek, işlemeyi kontrol eden bilgilerin elde edilmesinden sorumludur. SOAR'ın prosedürel bilgisi, çalışma belleğinin içeriğine karşı koşulları eşleştiren ve eylemlerini paralel olarak gerçekleştiren üretim kuralları olarak temsil edilir. Üretim kuralları çalışma belleğini değiştirebilir. Davranışı kontrol etmek, bir operatör seçmek için karar prosedürü tarafından kullanılan tercihler oluştururlar. Operatörler, SOAR'daki karar alma ve eylem odağıdır. Bir operatör seçildikten sonra uygulanır ve çalışma belleğinde kalıcı değişikliklere neden olur. Çalışma belleği diğer bellekler ve işlemler tarafından izlenen alanları ayırır, bu nedenle çalışma belleğindeki değişiklikler semantik veya epizodik bellekten geri alımları veya ortamdaki eylemleri başlatabilir. SOAR, prosedürel bellekle ilişkili iki öğrenme mekanizmasına sahiptir: Kümeleme (chunking) ve pekiştirmeli (reinforcement) öğrenme. Kümeleme yeni üretim kurallarını öğrenir. Pekiştirmeli öğrenme operatör seçimi için tercihler oluşturan kuralların eylemlerini ayarlar.

1.1.2.3. EPIC

Michigan Üniversitesinde David E. Kieras ve David E. Meyer tarafından 1990'larında ortasında geliştirilen bir bilişsel mimaridir. EPIC bilişsel mimarisi algısal işlemci, bilişsel işlemci ve motor işlemci dahil olmak üzere insan bilgi işleme sisteminin işlevsel parçalarını taklit eden bir hesaplama modelidir (Hoffmann, Hoffmann, Pieczykolan, Koch ve Huestegge, 2019). EPIC, diğer bilişsel mimarilerden farklı olarak, temelde insan algısal ve motor operasyonlarının ayrıntılı bir açıklamasını sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle insan-bilgisayar etkileşimi alanında bilişsel modeller oluşturmada faydalı olmuştur. EPIC, ayrı işlemcilerde bilişsel işlemcinin yapabileceklerini sınırlayan algısal ve motor kısıtlamaları temsil etmektedir. Bilişsel işlemci, görevin nasıl yapılacağına dair üretim kuralını prosedür bilgisi ile programlamaktadır. Görevden bağımsız ve göreve özgü bileşenler arasındaki ayırım nettir. EPIC'in algısal / motor yeteneklerinin birçok özelliği daha sonra ACT-R bilişsel mimarisine dahil edilmiştir.

1.2. ACT-R

ACT-R, Rasyonel Bilginin Adaptif Kontrolü (Adaptive Control of Thought-Rational) isminin kısaltılmasıdır. Ancak Anderson ve Lebiere (1998) aynı isimli kitabında açılımını Düşüncenin Atomik Bileşenleri (The Atomic Components of Thought) olarak da tanımlar. Bu çalışma, insan bilişinin nasıl çalıştığı hakkında bir teori sunar. ACT-R bir programlama diline benzetmekle birlikte yapıları insan bilişiyle ilgili varsayımları yansıtır ve bu varsayımlar, psikoloji deneylerinden elde edilen sayısız olgulara dayanmaktadır. ACT-R 1976'da tanımlanmıştır. Orijinal olarak HAM (Human Associative Memory) ve ACT teorilerine dayanmaktadır. Rasyonel analizi temsil eden 'R' harfi 1993 yılında sonradan eklenmiştir (Anderson, 2007, s.135). ACT-R'in yıllar içindeki gelişimi Şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1. ACT-R Yapı ve Fikirlerinin Tarihsel Gelişimi. Şekil, ACT-R 7'deki yapı ve fikirlerin geçmişini, kaynağını göstermektedir. Şekil Ritter, Tehranchi ve Oury'nin 2018 yılındaki "ACT-R: A cognitive architecture for modeling cognition" isimli makalelerinden Türkçe'ye çevrilmiştir.

1.2.1. ACT-R'in Temel Yapısı

ACT-R, hibrit bir bilişsel model olduğu için bilgi iki düzeyde temsil edilir: Sembolik ve alt-sembolik. Alt-sembolik düzey unutmaya, hata yapmaya da içeren detaylı öğrenme ve bellek modellerine olanak sağlar. Genellikle nöral ağ modelleriyle ilişkili özellikler sergileyebilir (Taatgen, Lebiere ve Anderson, 2006). ACT-R'da sembolik bilgi sunumu, bilişsel mimari içindeki sembolik temsillerin depolanmasını ve manipülasyonunu içerir. Bu sembolik temsiller, bilişsel sistem tarafından erişilebilen

ve işlenebilen daha üst düzey temsillerdir. Her iki düzeyde de bilgi deklaratif (bildirimsel) ve prosedüredir. ACT-R'da deklaratif bellek, gerçek olaylar ve deneyimler için prosedürel bellek beceri ve işlemler içindir. Mevcut versiyon olan ACT-R 7, dış dünyayla etkileşime girebilme, beyin yapılarını haritalandırma ve karmaşık dinamik görevleri yerine getirme becerisine sahiptir (Anderson ve Lebiere, 2003).

ACT-R'in ana bileşenleri: Modüller, arabellekler ve örüntü eşleyicidir. ACT-R'da modüller, belirli bir bilişsel işlevi yerine getirir ve diğer modüllerden bağımsız olarak çalışırlar. Modüller, arabellek ismi verilen arabirimler aracılığıyla iletişim kurar. Her modül, diğer modüllerle iletişim kurmak için bir veya daha fazla sayıda arabelleğe sahip olabilir. Bu arabellekler ise eylem gerçekleştirme taleplerini kendi modüllerine iletir, modülün durumu ve arabelleğin kendisi hakkındaki sorgulara yanıt verir. Bir arabellekteki küme, herhangi bir modülün görmesi ve değiştirmesi için kullanılabilir, ayrıca kümeler oluşturmak ve değiştirmek için etkili bir şekilde karalama defteri gibi çalışır. İki tür modül vardır. İlki bellek modülleridir, bu deklaratif ve prosedürel modülleri kapsar. İkincisi ise algısal-motor modülleridir, bunlar da görsel, temporal ve manuel modülleri kapsar.

Modüller, kabaca beyin yapılarını temsil eden büyük ölçüde bağımsız sistemlerdir. Bellek modülleri, kümeleme, öğeleri depolama ve geri çağırma kullanılırlar. Prosedürel bellek arabelleğe sahip değildir ve amacı diğer modüllerin arabelleklerine erişim sağlamaktır. İşlemsel bilgi, sistemin arabelleklerin içeriği nasıl değiştirdiğini temsil eder. Bir arabellek aynı zamanda sadece bir bilgi içerir. Üretim sistemi belirli eylemlerin hangi koşullar altında yapılması gerektiğini belirten bir dizi üretim kuralından oluşan kural tabanlı bir sistemdir ve çeşitli modüllere sınırsız ulaşımına sahip değildir (Ritter ve diğ., 2018). Üretim kuralları, arabelleklerin içeriğini değiştirmek için arabelleklerdeki belirli bilgi örüntüleri ile bağlantı kurar. Bu açıdan telefon santraline benzer. Modüller senkronize değil paralel olarak işlem yürütürler, modüllerdeki davranışlar ise seridir. Örneğin, deklaratif modül aynı anda birçok öğeyi geri çağırabilirken görsel sistem aynı anda görme alanındaki sadece bir öğeye odaklanabilir (Taatgen ve diğ., 2006).

Deklaratif bellekteki ögelere küme adı verilir. Bu kümeler farklı aktivasyon seviyelerine sahiptir. Sık veya yakın zamanda kullanılmaları aktivasyonu artırırken kullanılmamaları durumunda aktivasyonları azalır. Aktivasyon ayrıca bir kümenin mevcut bağlam ile uyuşup uyuşmadığı hakkında da bilgi sağlar. Kümeler kendi başlarına hareket edemezler. ACT-R amaç temelli bir teori olduğu için kümeler bir çeşit amacı gerçekleştirmek için geri çağırılırlar. Her üretim kuralının fayda (utility) olarak adlandırılan değerle bağlantılı olarak gerçek değerli niceliği vardır. Üretim kuralının seçiminde bu fayda, hedefe ulaşma olasılığı ve maliyet (bu da zamandır) tahminine göre hesaplanır. Hem deklaratif hem de prosedürel bellekte seçimler ya aktivasyonun ya da faydanın değerlendirilmesine göre yapılır.

1.2.1.1. Deklaratif (Bildirimsel) Modül

Bu modül, modelin sahip olduğu deklaratif bilgiyi temsil eden bütün kümeleri depolar. Geri çağırma (retrieval) isimli bir arabelleğe sahiptir. Bu modül talepte belirtilen bilgilerle en iyi eşleşen kümeyi bulmak için deklaratif bellekte arama yaparak ve ardından bu kümeyi geri çağırma arabelleğine yerleştirerek taleplere yanıt verir. Modelde belirtilen deklaratif bellek, modelci tarafından model tanımlanırken yerleştirilen kümeler ve model çalıştırılırken öğrenilen bilgilerden oluşur. Öğrenilen bilgiler de tüm modüllerin arabelleklerinden toplanır. Deklaratif modül, tüm arabellekleri yönetir ve bunlardan bir küme temizlendiğinde deklaratif modül bu kümeyi daha sonra kullanmak için depolar.

1.2.1.2. Prosedürel Modül

İşlemsel modül olarak da adlandırılabilir. Bu modül, modelin sahip olduğu prosedürel bilgileri temsil eden bütün üretimleri tutar. Kendisine ait bir arabelleği yoktur ve diğer modüllerden farklı olarak eylem talepleri almaz. Bunun yerine bazı üretim koşullarını karşılayan kalıplar arayan tüm arabelleklerin faaliyetlerini sürekli olarak izler. Koşulu yerine getirilmiş bir üretim bulduğunda o üretimin eylemlerini gerçekleştirecek yani üretimi ateşleyecektir. Tek seferde yalnızca bir üretim ateşleyebilir ve üretimin mevcut durumla eşleştirilmesinden eylemlerin gerçekleştirilmesine kadar geçen süre 50 milisaniyedir.

1.2.1.3. Hedef Modülü

Hedef modülü, ACT-R'daki modüllerin en basit olanıdır ve hedef adında bir arabelleğe sahiptir. Bu arabellek modelin mevcut görevini gerçekleştirmek için ihtiyaç duyduğu mevcut kontrol bilgilerini içeren bir kümeyi tutar. Modülün yanıt verdiği tek talep, yeni bir hedef kümesinin oluşturulması içindir. Talepte yer alan bilgilerle bir küme oluşturularak ve bu kümeyi hedef arabelleğine yerleştirilerek isteğe yanıt verir.

1.2.1.4. Görsel Modül

Görsel modül, mevcut cihazda görülebilen bilgilerle bir model sağlamak için kullanılır ve görsel dikkati modellemek için bir sistem sağlar. Cihaz, bir modelin yönelebileceği bir sürü özellik sağlar ve bu özellikler kümesi visicon (visual icon - görsel simge) olarak adlandırılır. Görsel modülün iki alt sistemi vardır. Bu sistemler beynin görme alanı olan oksipital korteksten kaynaklanan iki bilgi işleme sistemine benzerdir. Beyindeki dorsal yolak (okspital korteksten parietal kortekse giden) konumsal bilgiyi sağlayan **Nerede Sistemi**; ventral yolak ise nesne tanımayı sağlayan (okspital korteksten temporal kortekse giden) **Ne Sistemidir**. Bu iki alt sistem birlikte çalışır ancak her birinin kendi için ayrı birer arabelleği vardır. Ayrıca sistemlerin her biri farklı talepleri kabul ederler.

Ne Sistemi: Bu sistem talepleri, görsel arabellekten alır. Birincil kullanımı nerede sistemi kullanılarak bulunan konumlara yönelmektir. Ne sistemi, görsel bir konumu temsil eden bir küme için talep gerektiğinde hangi sistemin görsel dikkati o konuma kaydırmayı gerektiğini, orada bulunan nesneyi işlemeyi ve nesneyi temsil eden bir kümeyi görsel arabelleğe yerleştirmeyi sağlar.

Nerede Sistemi: Bu sistem görsel-konum (visual-location) arabelleğinden talepleri alır. Visual-location arabelleğine yapılan bir dizi sınırlamayı belirtir ve sistem bu sınırlamalara karşılık gelen bir küme döndürür. Buna genellikle bir konum bulma denir (Bothell, 2020).

1.2.1.5. Motor Modül

Motor ya da manuel olarak adlandırılan modül, manuel arabellek aracılığıyla komut isteklerini alır (Ritter ve diğ., 2018). Bu komutlar, eylemlerin dünyaya nasıl gönderileceği konusunda motor modülü yönlendirir. Diğer arabelleklerin aksine manuel arabellek, modülü tarafından içine yerleştirilmiş herhangi bir kümeye sahip değildir. Yalnızca komut vermek ve motor modülün durumunu sorgulamak için kullanılır.

1.2.1.6. Temporal Modül

Temporal ya da zamansal modül olarak adlandırılan modül Taatgen, van Rijn ve Anderson (2007) tarafından yapılan bir çalışma sonucunda oluşturulmuştur. Bu modül, zaman aralıklarını belirleyen bir model sağlar. Bunu, zamanlayıcının başlatılmasından bu yana geçen "tik" sayısını sayan bir zamanlayıcı aracılığıyla yapar. Tik uzunlukları gürültülüdür ve ayrıca zaman ilerledikçe süre de artar. Bu nedenle temporal modül ile kısa aralıklar, uzun aralıklara göre daha doğru zamanlanabilir. Mevcut tik sayısı, tik adı verilen slotlara (yuva) sahip temporal arabellekteki bir küme aracılığıyla modele sunulur. Zamanlayıcı başlatıldığında modül, arabellekteki bir kümenin tik slotunu mevcut sayımla güncellemeye devam edecektir. Zamanlayıcı, yeni bir sayım başlatmak için sıfırlanabilir ya da model tarafından herhangi bir zamanda durdurulabilir ve küme arabellekten kaldırılırsa sayımın artması dolaylı olarak durdurulur.

Tik uzunlukları, n'inci tik için aşağıdaki denkleme göre oluşturulur:

$$\begin{aligned} t_0 &= \text{start} + \epsilon_1 \\ t_n &= a \cdot t_{n-1} + \epsilon_2 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

start = time-master-start-increment parametresinin değeri (0.011 sn)

a = time-mult-parameter'ın değeri (1.1)

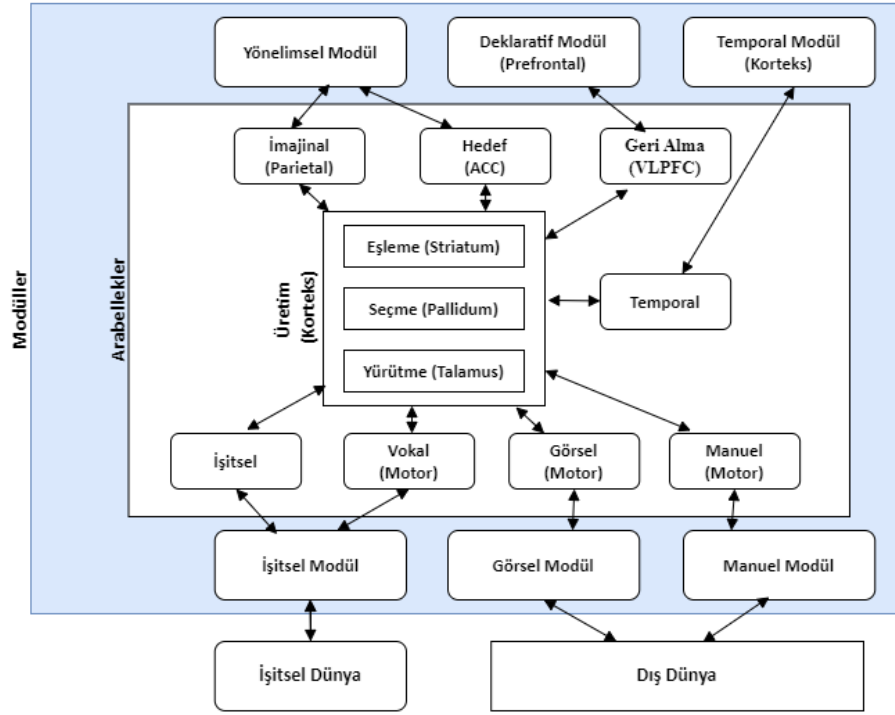
b = time-noise parameter 'in değeri (0.015)

ϵ_1 = act-r-noise command ile ($b * 5 * \text{start}$) işleminin genellenmiş gürültüsü

ϵ_2 = act-r-noise command ile ($b * a * t_{n-1}$) işleminin genellenmiş gürültüsü

Kümeler kendi kendilerine hareket edemezler. ACT-R amaç temelli bir teori olduğundan dolayı kümeler bir çeşit amacı gerçekleştirmek için çağrılırlar.

ACT-R bilişsel mimarisiyle ilişkili beyin bölgeleri, fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) gibi metodolojiler kullanılarak çeşitli çalışmalarla tanımlanmıştır (Borst ve Anderson, 2015). Bu çalışmalar, farklı ACT-R modüllerinin karmaşık görevler sırasında aktif olan belirli beyin bölgeleriyle ilişkili olduğunu bulmuştur. ACT-R ile ilişkili beyin bölgeleri şu şekildedir: Lateral inferior prefrontal bölge, ACT-R'ın deklaratif modülündeki bilgilerin alınmasında yer alır. Görevle ilgili bilgilerin bellekten alınmasını yansıtır. Posterior parietal bölge, ACT-R'ın görsel modülündeki problem temsillerindeki değişikliklerle ilgilidir. Bilişsel görevler sırasında problem temsilindeki değişiklikleri izler. Ön singulat korteks, ACT-R'ın hedef modülündeki kontrol bilgilerinin güncellemeleri ile ilişkilidir. Görevler sırasında bilişsel kontrol süreçlerinin izlenmesini ve ayarlanmasını yansıtır. Kaudat çekirdek, ACT-R'ın prosedürel modülündeki üretimlerin yürütülmesinde yer alır. Bilişsel süreçlerin ve eylem seçiminin uygulanmasını yansıtır (Anderson, Fincham, Qin ve Stocco, 2008). Bu beyin bölgeleri, farklı ACT-R modülleri için veriye dayalı model-beyin eşlemeleri oluşturan model tabanlı fMRI analizi yoluyla tanımlanmıştır (Borst, Nijboer, Taatgen, Rijn, Anderson, 2015). Bu beyin bölgelerindeki aktivite, bilişsel mimarideki modüllerin spesifik işlevlerine karşılık gelir. Özetle, ACT-R bilişsel mimarisiyle ilişkili beyin bölgeleri arasında lateral alt prefrontal bölge, posterior parietal bölge, anterior singulat korteks ve kaudat çekirdek yer alır. Bu beyin bölgeleri, karmaşık bilişsel görevler sırasında aktiftir ve ACT-R mimarisinin farklı modüllerine ve işlevlerine karşılık gelir. ACT-R 7'nin temel yapısı Şekil 1.2.'de özetlenmiştir.



Şekil 1.2. ACT-R 7'nin Temel Yapıları. Modül, arabellek, üretim sistemlerinin ve bu yapıların birlikte nasıl çalıştığının şematik bir gösterimi. Şekil Ritter, Tehranchi ve Oury'nin 2018 yılındaki "ACT-R: A cognitive architecture for modeling cognition" isimli makalelerinden Türkçe'ye çevrilmiştir.

ACT-R, bilişsel psikoloji alanındaki uygulamalarının yanı sıra farklı bilgisayar arayüzlerini değerlendirebilen kullanıcı modelleri üretmek için insan-bilgisayar etkileşiminde, öğrencilerin sahip olabileceği zorlukları tahmin etmek ve odaklanmış yardım sağlamak için eğitim (bilişsel özel ders sistemleri) alanında eğitim ortamlarında yaşayan bilişsel özneler sağlamak için kullanılabilir. Ayrıca bilgisayar arayüzlerinin değerlendirilmesinde ve nöropsikoloji, fMRI verilerini yorumlayabilmede kullanılmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

ZAMAN ALGISI VE ARALIK ZAMANLAMA

Zaman kavramı, yıllar boyunca fizik, felsefe, psikoloji ve biyoloji gibi birçok alanın çalışma konusu olmuştur. Fizikte zaman kavramı genellikle uzayla iç içe geçmiş, yerçekimi ve elektromanyetik alanlar gibi faktörlerden etkilenen uzay-zaman bağlamında tanımlanır (Radua, Ojeda, Gomez ve Ortuno, 2014). Felsefi olarak ise farklı zaman anlayışları vardır; filozoflar ve sıradan insanlar sıklıkla öznel deneyim ve zamanın doğası hakkında farklı bakış açılarına sahiptirler. Tüm uyaranların ve etkinliklerin zamansal bir kapsamı vardır, zaman algısı evrensel ve sürekli bir deneyimdir (Matthews ve Meck, 2016). Bu kavrama ilişkin tanımlama yöntemlerinden biri de zamanı, fiziksel ve psikolojik zaman olarak iki ayrı şekilde ele almaktır. Fiziksel zaman, gök cisimlerinin hareketlerine ve saatlerin tik taklarına dayalı olarak zamanın objektif olarak ölçülmesini ifade eder. Tutarlı ve ölçülebilir evrensel bir kavramdır. Psikolojik zaman ise zamanın öznel deneyimini ve bunun insanlar ve hayvanlar tarafından nasıl algılanıp yorumlandığını ifade etmektedir. Dikkat, duygular ve bilişsel süreçler gibi faktörlerden etkilenir (Novic, Seib ve Burton, 2022). Psikolojik zaman araştırmaları, çalışmalarını kendisi ve bir öğrencisi üzerinden yürüten Karl von Vierordt'a (1868) kadar uzanmaktadır. Araştırmacı kendi adını taşıyan **Vierordt yasası** ile bilinmektedir. Saniyelerden yıllara kadar olan süreleri açıklamaya çalışan bu yasa, insanların görece kısa olan zaman aralıklarını daha uzun algılayabildikleri ve uzun zaman aralıklarını ise daha az algılama eğiliminde olduklarını öne sürer (Block ve Gruber, 2014). Hem fiziksel hem de psikolojik zaman, günlük yaşamlarımızda önemli bir rol oynar ve algımızı, davranışlarımızı ve psikolojik iyi oluşumuzu etkileyebilir (Bruss ve Rüşendorf, 2010).

Zamanı algılamak için belirli bir algısal sistem ve duyu organı olmamasına rağmen günlük yaşamı devam ettirebilmek için gerekli olan davranışsal ve bilişsel süreçler zamanı algılayabilme ve onu doğru kullanabilmeyi gerektirir (Matthews ve Meck, 2014). Bu bağlamda, zaman tahmini kavramı ortaya çıkmaktadır. Zaman tahmini, zaman aralıklarını algılama ve yargılamaya ilişkin bilişsel süreci ifade eder. Başka bir deyişle zaman tahmini, zamanın geçişini doğru bir şekilde tahmin etme yeteneğini içerir ve dikkat, hafıza gibi bilişsel süreçlerden etkilenir. Günlük hayatta

trafikte ışığın değişmesini beklemek, sınav sırasında ne kadar süremiz kaldığını kestirmek, spor yaparken plank duruşu yapmak gibi birçok işi gerçekleştirirken zaman tahmini yaparız. Örneklerde olduğu gibi can sıkıntısı, sabırsızlık ve beklenti gibi artan zamansal farkındalığı içeren durumlar, sıklıkla zamanın belirgin bir şekilde uzamasına (veya yavaşlamasına) neden oluyor gibi görünmektedir. Bu etkinin klasik örneği, zamanın yavaşça akıp gittiğini öne süren **izlenen demlik fenomenidir** (the watched pot) (Block, George ve Reed, 1980).

Psikolojide zaman tahmini ileriye dönük (prospective timing) ve geriye dönük (retrospective timing) olmak üzere iki farklı paradigma ile çalışılmaktadır. Geriye dönük zamanlama geçmiş bir zaman aralığının, üzerinden zaman geçtikten sonra tahmin etmeyi ifade eder. Bu paradigmanda katılımcılara süre tahmini yapacakları bilgisi verilmez ve katılımcılar görevi tamamladıktan sonra onlardan süreyi tahmin etmeleri istenir. Geriye dönük zamanlama, zamansal bilgilerin hatırlanması dolayısıyla bellek süreçleri ile yakından ilişkilidir (Zakay ve Block, 1997).

İleriye dönük zamanlama, gelecekteki zaman aralıklarının ölçülmesi ve tahmin edilmesi anlamına gelir. Belirli bir süre veya olayın gerçekleşmeden önce ne kadar süreceğini tahmin etmeyi içerir ve bu paradigmanda katılımcılara daha sonra zaman tahmini yapacakları bilgisi verilir. Bu tür bir zamanlama, zamanımızı etkili bir şekilde planlama ve yönetme yeteneğimizle ilgilidir (Brown, 1985). Dolayısıyla ileriye dönük zamanlamada dikkat önemli bir rol oynar (Zakay, 1998). İleriye dönük zamanlama paradigması genelde beş farklı yöntem ile incelenir. Bunlardan ilki sözel tahmin yöntemidir (verbal estimation method). Bu yöntemde katılımcılardan kendilerine sunulan uyaranların veya olayların süresine ilişkin tahminlerde bulunmaları istenir (Rueda ve Schmitter-Edgecombe, 2009). Sözel tahmin, aralık zamanlama çalışmalarında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Örneğin, Grondin (2010) tarafından yapılan çalışmada katılımcılara bir hedef zaman aralığı sunulmuş ve katılımcılardan saniye veya dakika gibi zamansal birimleri kullanarak bu aralığın süresine ilişkin bir tahminde bulunmaları istenmiştir. Sözel tahmin yöntemi araştırmacıların, katılımcıların öznel zaman algısını değerlendirmesine olanak tanımaktadır. Fakat katılımcıların dil fonksiyonlarını kullanmasını gerektirdiği için sadece insan katılımcılarda kullanılabilen bir yöntem olması bakımından sınırlı bir yöntemdir

(Akdoğan ve Balcı, 2016). Geçen fiziksel sürenin niceliğinin sözel olarak belirtilmesi nedeniyle özellikle kısa sürelerle ait tahminlerin genellikle yuvarlandığı gözlenmiştir (Wearden, 2003). Örnek olarak, farklı bireyler geçen süreye ait aynı içsel temsili oluşturduklarında ya da farklı içsel temsili oluşturup aynı süre olarak ifade ettiklerinde bu, zaman tahmini performansını değerlendirirken dezavantaj olabilmektedir. Bu yüzden davranışsal performansın değerlendirilmesinde öznel zamanın sözel yanıtlara ne şekilde aktarıldığına dikkat etmek çok önemlidir (Akdoğan ve Balcı, 2016).

Bahsedeceğimiz diğer yöntem olan zaman aralığı üretimi (interval production method), bireylerin belirli bir zaman aralığını doğru bir şekilde üretme yeteneğini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, katılımcılara belirli bir zaman aralığı söylenir ve ardından onlardan bu aralığın uzunluğunu sözel olarak tahmin etmeleri veya üretmeleri istenir (Merchant, Zarco ve Prado, 2008). Zaman aralığı üretimi görevlerinde katılımcılara üretmeleri gereken zaman aralığı verilir ve yapacakları görevde bu zaman aralığının geçtiği süreyi genellikle motor tepki vererek (örneğin, bir tuşa tıklama) tahmin etmeleri, üretmeleri istenir. Zaman aralığı üretimi görevlerinde kullanılan aralık süreleri milisaniyeden saniyeye kadar değişebilmektedir. Fortin ve Breton (1995) tarafından zaman aralığı üretimi görevi sırasında bellekte saklanan öğeleri geri çağırma süresinin öge sayısı ile olan ilişkisine baktıkları çalışma, zaman aralığı üretim yöntemini kullanılan çalışmalara örnek verilebilir. Bu çalışmadaki zaman aralığı üretimi görevinde katılımcılara hedef aralık olarak 2 saniye sunulmuş ve tuşlara tıklayarak bu aralığı üretmeleri istenmiştir. Bu konudaki çalışmalar, zaman aralığı üretim görevlerinin, zaman aralığı algılama görevlerinde de yer alan ortak bir zamanlama mekanizmasına dayalı olarak gerçekleştirildiğini ileri sürmektedir (Ivry ve Hazeltine, 1995; Coelho ve diğ., 2016). Bu ortak zamanlama mekanizmasının, konuşma üretimi, müzik performansı ve spor aktiviteleri gibi çeşitli davranışların altında yattığı düşünülmektedir. Mevcut çalışmada ileriye dönük zamanlama paradigmasına ait zaman aralığı üretimi yöntemi kullanılmıştır. İlerleyen bölümlerde yöntemin detaylarından bahsedilecektir.

Üçüncü yöntem olan zaman aralığını yeniden üretme yönteminde (interval reproduction method) ise zaman aralığını üretme görevinden farklı olarak üretilmesi gereken aralık sözel olarak değil görsel veya işitsel bir uyaran aracılığıyla sunulur ve

katılımcılardan hedef sürenin geçtiğini düşündüklerinde belirli bir motor tepki vermeleri (örneğin, bir tuşa basma) beklenir. Zaman aralığı yeniden üretimi yönteminin kullanıldığı çalışmalardan biri olan Karaminis ve diğerleri (2016) tarafından otizmlili çocukların zaman aralığı yeniden üretme performanslarının değerlendirildiği çalışmada, katılımcılara önce yeniden üretmeleri gereken süre ışık yardımı ile arka arkaya sunulmuştur. Buradaki zaman aralığı iki ışık arasında geçen süredir. Aralık sunulduktan sonraki aşamada katılımcılara iki ışık verilmiş ve üçüncü ışığın sunulması gerektiğini düşündükleri zaman fareye tıklamaları istenmiştir. Bu şekilde katılımcıların aynı zaman aralığını üretip üretmedikleri test edilmiştir.

Dördüncü yöntem olan zaman aralığı karşılaştırma yöntemi (interval comparison method), farklı zaman aralıklarının karşılaştırılmasını ve değerlendirilmesini içerir. Bu yöntemde katılımcılara ilk olarak referans zaman aralığı sunulur ve bunun dışında verilen süreleri uzun ya da kısa olarak değerlendirmeleri istenir. Katılımcıların cevaplarına göre doğru ya da yanlış şeklinde geribildirim verilir. Örneğin Grondin, Meilleur-Wells ve Lachance (1999) tarafından yapılan zaman aralığı karşılaştırması çalışmasında hedef süre 1000 ms'dir ve karşılaştırma zaman aralığı rastgele aralıkta sunulmuştur. Çoğu zaman aralığı karşılaştırma çalışmasında olduğu gibi katılımcılardan, bu karşılaştırma zaman aralığının standart zaman aralığından uzun ya da kısa olduğunu belirtmeleri istenmiştir.

Bir diğer yöntem olan süre ayrıştırması (temporal bisection) yönteminde ise katılımcıların verilen zaman aralıklarını kısa ve uzun olarak sınıflandırması beklenir. Zaman aralığı karşılaştırma yönteminden farklı olarak bu yöntemde kısa ve uzun olmak üzere iki tane referans zaman aralığı (Örn., 3 s ve 7 s) vardır. Katılımcılara bu iki referans süre rastgele sırayla sunulur ve süreleri uzun ve kısa şeklinde ayırt etmeleri beklenir (Kopce ve Brody, 2010). Yöntemsel olarak iki süreye ait zamansal ayrıştırma performansı belirli bir doğruluk seviyesine (Örn., %85) ulaştıktan sonra katılımcılara referans sürelerin arasında bulunan farklı uzunluktaki süreler de sunulmaktadır. Ara sürelerde de katılımcılardan deneme sonunda geriye dönük kısa ve uzun şeklinde sınıflandırma yapılması beklenilmektedir. Ancak ara sürelerde referans sürelerde olduğu gibi süre sınıflandırılması sonucunda geribildirim verilmemektedir. Böylece,

bu sürelerdeki davranışsal performansın değerlendirilmesi ile zamansal bilgi işlemenin bir parçası olan algısal süreçler daha iyi karakterize edilir (Akdoğan ve Balcı, 2016).

2.1. ZAMAN ALGISI MODELLERİ

Zamanı nasıl algıladığımız ve zaman algısındaki süreçleri açıklamaya çalışan çok sayıda teori vardır. Zaman algısına ilişkin ilk yapılan çalışmalar (Örn. Hoagland, 1933) zaman algısının içsel mekanizmalara bağlı olduğu ve zamanın algılanmasında içsel bir saat mekanizmasının varlığından bahsedilebileceğini belirtir. Zamanı nasıl algıladığımızı açıklamaya çalışan bilişsel psikolojideki modeller genelde şu üç bileşen üzerine yoğunlaşmaktadır: Saat, bellek ve karşılaştırma bileşeni (Taatagen ve van Rijn, 2011). Bu modellerden en temel olanları aşağıda açıklanmaktadır.

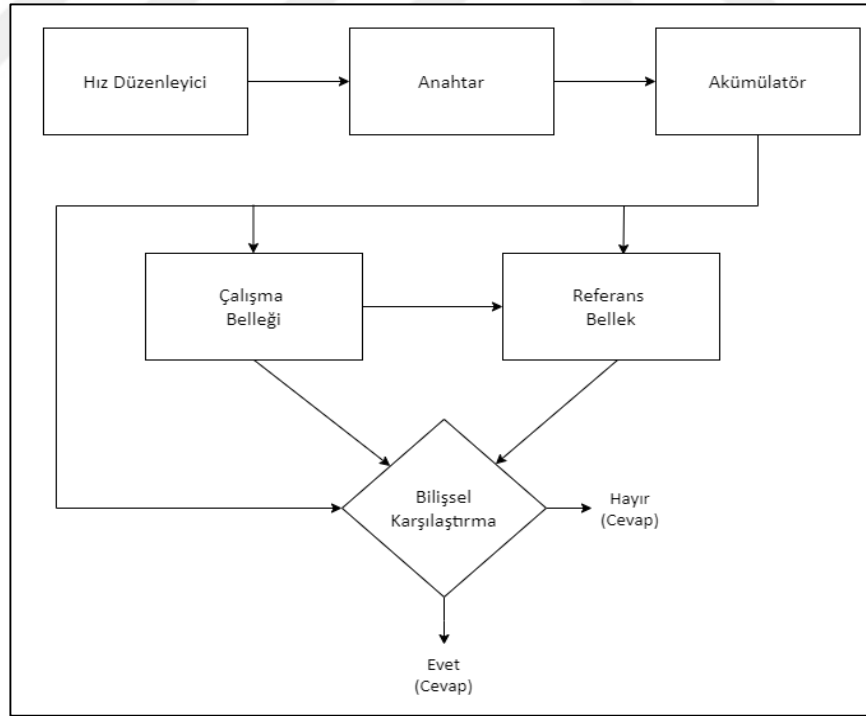
2.1.1. İçsel Saat Modeli (Internal Clock Model)

İçsel Saat Modeli, diğer bir adıyla hız düzenleyici-akümülatör modeli, zaman aralıklarına ilişkin algımızı düzenleyen içsel bir mekanizmanın veya 'saatin' var olduğunu öne sürmektedir. Diğer bir deyişle bu modele göre, saate benzer bir mekanizma fiziksel zamanı öznel zaman deneyimine dönüştürür (Başgöl, Ayhan ve Uğur, 2021). Kavramsal olarak içsel saat mekanizmasından ilk bahseden Anne Treisman'dır. Treisman'ın (1963) İçsel Saat Modeli bir hız düzenleyici (pacemaker, hız ayarlayıcı), bir akümülatör (accumulator, sayaç) ve bir karşılaştırma mekanizmasından oluşmaktadır. Bu modelde, hız düzenleyicinin ürettiği düzenli atımlar akümülatör tarafından kaydedilir. Karşılaştırma mekanizması ise gelen atımların sayısını önceki sinyallerle karşılaştırarak zamanın algılanmasını sağlar. Akümülatörde daha fazla atım toplanması zamanın olduğundan daha uzun, daha az atım toplanması ise zamanın daha kısa algılanmasına neden olmaktadır (Allman, Teki, Griffiths ve Meck, 2014). Bu model, zaman algısının dikkat ve uyarılma gibi faktörlerden etkilendiğini öne sürmektedir (Grondin, 2010). Model, zaman içinde genişletilip çeşitlendirilmiştir.

2.1.2. Skaler Beklenti Modeli (Scalar Expectancy Model, SBM)

İçsel Saat Modeli zaman algısı sürecini açıklamaya çalışsa da karmaşık bir süreç olan zaman algısı için basit bir saat mekanizmasından fazlası gereklidir. Bu gereklilikten yola çıkarak Treisman'ın modelinin içerdiği hız düzenleyici - akümülatör

mekanizması geliştirilerek Skaler Beklenti Modeli (Gibbon, 1977; Gibbon, Church ve Meck, 1984) önerilmiştir. Skaler Beklenti Modeli, zaman aralıklarının tahmin edilmesindeki hataların aralıkların süresiyle doğrusal olarak ölçeklendiğini belirten skaler zamanlama kavramına dayanmaktadır (Oprisan ve Buhusi, 2011). Bu modelde, içsel saat modelinden farklı olarak anahtar ve bellek bileşenleri eklenmiştir. Şekil 2.1’de Skaler Beklenti Modelinin bileşenleri ve mekanizması şemasal olarak sunulmuştur. SBM’de anahtar bileşeni hız düzenleyici ile akümülatör arasında geçişi sağlamaktadır. Anahtar bileşeni elektrik devresindeki anahtara benzer işleyiş prensibine sahiptir, bu modelde de anahtarın kapanması saat devresini tamamlar. Anahtar kapalı kaldığı sürece saat atımları akümülatöre iletilmekte ve burada bir kayba uğramadan toplanmaktadır. Uyarımın ortadan kalkması ile anahtar tekrar açılır ve akümülatörde toplanan atımlar referans belleğe aktarılır (Akdoğan ve Balcı, 2016). Daha sonra geçen zamanın miktarına ilişkin karar, akümülatörden gelen en son bilgilere, atımın sayımının başlangıcına ve bir eşige dayanmaktadır (Church, 2003).

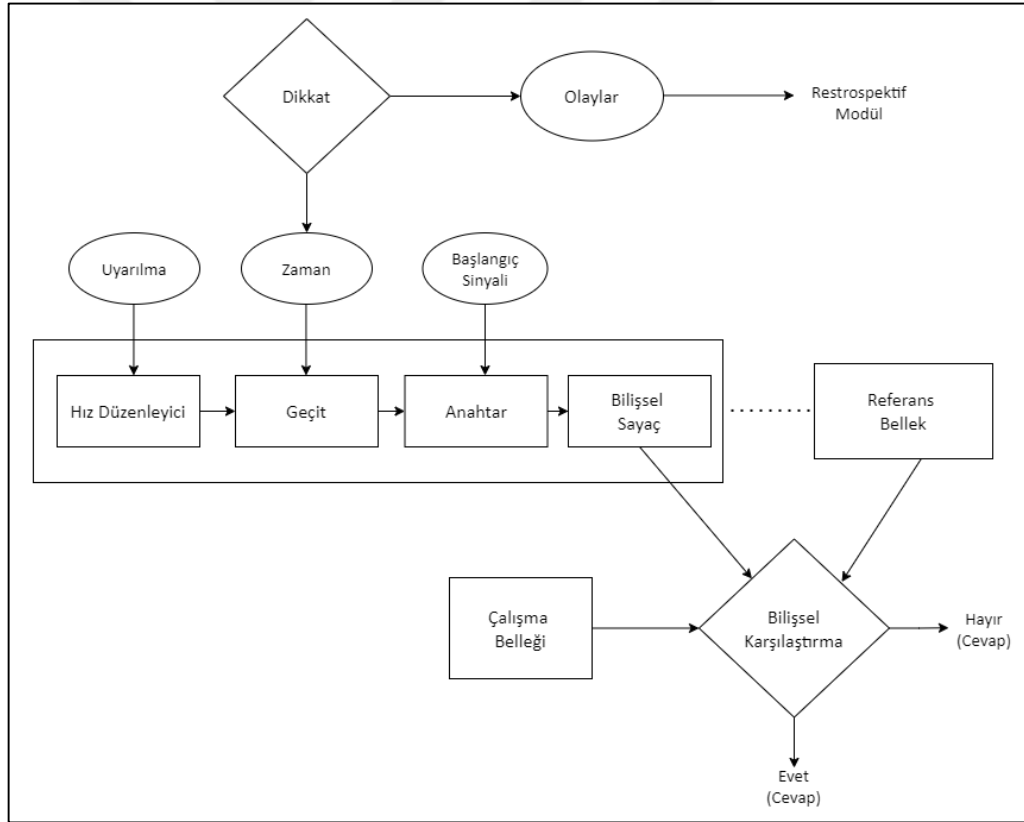


Şekil 2.1. Skaler Beklenti Modelinin Şemasal Gösterimi. Şekil, Allman, Teki, Griffiths ve Meck’in 2014 yılındaki “Properties of the Internal Clock: First- and Second-Order Principles of Subjective Time” isimli makalelerinden uyarlanmıştır.

2.1.3. Dikkat Kapısı Modeli (Attentional Gate Model, DKM):

Daha önce bir demliği izlediğimizde yani demlikteki suyun kaynayacağı ‘zamani’ beklediğimizde zamanın olduğundan daha yavaş akıyormuş gibi hissettirdiği ‘izlenen demlik’ fenomeninden bahsetmiştik. Bu fenomen, Skaler Beklenti Modeline yapılan bir ekleme ile “Dikkat Kapısı Modeli” (Attentional Gate Model, AGM) ile açıklanmaya çalışılmıştır. İşsel saat modeli hayvan zamanlama davranışlarını açıklamada başarılı olsa da insan zamanlama performansında sınırlı görüldüğünü düşündükleri için Zakay ve Block (1995) yeni bir model önermişlerdir. Bu model Skaler Beklenti Modeli, Zamansal Bilgi İşleme Modeli (Temporal Information Process Model) ve Treisman’ın modeline dayanmaktadır (Lejeune, 1998). Skaler zamanlama özellikleri ile dikkat gibi bilişsel faktörleri birleştiren bu model, hız düzenleyici ve anahtar arasında zamansal bilgi işleme modelinin saat aşamasına dikkat kapısı şeklinde bilişsel bir modül ekler. Bu kapı, dikkatin zamana verilmesiyle (yöneltmesiyle) kontrol edilen bilişsel bir mekanizmadır. Bu modülün eklenmesiyle daha önceki modellere ek olarak dikkat bilişsel faktörü bir zaman algısı modeline dahil edilmiş olur. Modele göre, daha fazla dikkat yöneltildiğinde bu kapı tam olarak ya da daha geniş bir şekilde açılmaktadır. Zamanlama daha önemli olduğunda bu kapı daha çok atımın geçmesine izin vermektedir (Zakay ve Block, 1995). Böylece zamana dikkatini yöneltmek, kapının aktivite seviyesini artırmaktadır. Yine de sayacı (counter) açan ve kapatan bir anahtara (switch) ihtiyaç vardır ve anahtar ya hep ya hiç mantığı ile çalışmaktadır. İlgili zaman aralığının başladığını belirten bir sinyal alındığında anahtar açılır ve sayaç sıfıra ayarlanır. Sonrasında sinyal akışı sayılır. İlgili zaman aralığının sona erdiğini bildiren bir uyarı algılandığında anahtar kapanır ve daha fazla atımın sayaca girmesi engellenir. Belirli bir sürenin (yeniden) üretilmesi gerektiğinde, hız düzenleyici atım üretmeye ve bunları akümülatöre aktarmaya başlar. Biriken atım sayısı, uzun süreli bellekte depolanan atım sayısı ile karşılaştırılır. Aralarında bir eşleşme olduğunda, anahtar kapanır ve süreç sona erer (Block ve Zakay, 2006). Aynı zamanda sayım kısa süreli belleğe (KSB) aktarılır. Bunun sonucunda akümülatör, atımları sayar ve bu atım sayısını uzun süreli bellekte (USB) saklar. Dikkat Kapısı Modelinin işleyişinin şemasal gösterimi Şekil 2.2’de sunulmaktadır.

Dikkat Kapısı Modelini test etmeyi amaçlayan birçok çalışmada ikili zamanlama görevi (dual task timing) kullanılmaktadır. Bu görev, ikili-görev zamanlama görevi (dual-task timing task) olarak da adlandırılmaktadır. Dikkat ve öğrenmenin zamanlama üzerindeki etkisini test etmek için uygulanan görevde bir zor bir kolay görev eş zamanlı olarak verilir, görevlerden birinde zaman aralığını tahmin etmeleri istenirken genellikle ikinci görev zamanla ilişkili olmayan bir görevdir. Katılımcı zamanla ilişkili olmayan görevi yerine getirirken ondan diğer görevin zaman aralığını deneme yanılma ile tahmin etmesi istenir (Taatgen, van Rijn ve Anderson, 2007). Zamanla ilişkili olmayan görev çoğu zaman açık saymayı engellemek içindir, çift-görevli zamanlama görevi bu yanıyla diğer zaman tahmini görevlerine göre gerçek yaşam durumlarını yansıtmada konusunda daha başarılıdır.



Şekil 2.2. Dikkat Kapısı Modelinin Şemasal Gösterimi. Bu şekil Zakay ve Block'un 1997 tarihli "Temporal Cognition" isimli makalelerinden çevrilmiştir.

Dikkat Kapısı Modeline göre çift-görevli zamanlama görevinde zor veya karmaşık bir görevi yaparken dikkatimizi zamana vermediğimiz için 'dikkat kapısı' yeterince açık olmaz, bunun sonucu olarak da hız düzenleyici tarafından üretilen

atımların tamamı akümülatöre geçemez. Bu da zaman aralığını olduğundan daha kısa algılamamıza sebep olur (Block ve Zakay, 1997). Aksi durumda yani yapmamız gereken görevin görece kolay olduğu durumlarda dikkatimizi zamana daha çok verebiliriz çünkü dikkat kaynaklarımızı görev ve zaman arasında paylaşabiliriz. Dikkatimizi zamana yöneltebildiğimiz kolay görevleri gerçekleştirirken de zamana olduğundan daha uzun algılayabiliriz. Dikkat Kapısı Modeli bunu, dikkatimizi zamana yönelttiğimizde kapının daha fazla açıldığı ve akümülatöre daha fazla atımın girmesi ile açıklamaktadır. Daha fazla atımın girmesi sürenin olduğunda daha uzun algılanmasına sebep olur veya Zakay’ın (1993) deyiimiyle “*Öznel zaman birimi, daha uzun bir zaman aralığını temsil eder*”.

Bu görev aynı zamanda bilişsel yükün zamanlama performansını nasıl etkilediğini de araştırmak için kullanılmaktadır (Duzcu ve Hohenberger, 2014). Gerçekleştirilen göreve bağlı olarak, örneğin zor bir görevde, bilişsel yük miktarı arttıkça üretilen sürenin gerçek süreye oranı azalmaktadır. Bu da katılımcıların zamana olduğundan daha kısa algılama eğiliminde oldukları anlamına gelmektedir (Block, Hancock ve Zakay, 2010).

Dikkatin zamanlama performansı üzerindeki etkisini göstermeyi amaçlayan çalışmalardan birinde (Hwang, Gaau, Hsu ve Wu, 2010) dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğuna (DEHB) sahip çocuk ve ergenlerde zamanlama performansındaki düşüklüğünde dikkat ile ilgili kaynakların rolünü incelemek için çift görev paradigması kullanılmıştır. Bu çalışmada katılımcılardan bir zamansal görevi bir de zamansal olmayan görevi yapmaları istenmiştir. Çalışmanın sonunda DEHB’li çocuk ve ergenlerde görev zorluğu arttıkça zamanlama performansının bozulduğunu bulmuşlardır ve bu bozulmanın sınırlı dikkat kapasitesiyle açıklanabileceğini öne sürmüşlerdir.

Zamanlama ve yürütücü işlevler arasındaki bağlantıyı inceleyen bir diğer çalışmada ise Brown, Collier ve Night (2013), ikili görev içeren üç deney gerçekleştirmişlerdir. Bu deneylerin hepsinde deneysel düzen aynı fakat değerlendirilen yürütücü işlevler farklıdır. Deneyde bir adet tek görev denemesi, tamamen zamanlama ve tamamen yürütücü görevler içeren de üç adet çift görevli

zamanlama görev denemesi bulunmaktadır. Bu denemelerde katılımcılara dikkatlerini paylaşırma oranlarına ilişkin şu talimatlar verilmiştir: (1) %75 zamanlamaya, %25 yürütücü işlev görevine; (2) %50 zamanlamaya, %50 yürütücü işlev görevine; (3) %25 zamanlamaya, %75 yürütücü işlev görevine şeklinde. Bunun sonucunda, zamanlama ve yürütücü işlev görevleri arasında çift yönlü bir etkileşimin olduğu ve ikisinin de aynı işlem kaynaklarına bağlı olduklarına işaret ettiği yönündedir. Zamanlamaya daha fazla dikkat vermek, zamanlama performansını artırmakta ancak yürütücü işlev performansını azaltmaktadır; yürütücü göreve daha fazla dikkat vermek ise tam tersi etki yaratmaktadır. Bulgular, zamanlamanın yürütme işleviyle yakından bağlantılı olduğunu ve iki görevin ortak kaynakları paylaştığını göstermektedir.

DKM'ye yönelik yapılan eleştirilerden biri dikkatin etkisinin net olarak ölçülmemiş olması ve modelin dikkat kapısı açıkken veya kapalıyken geçirilen zamanın oranının değerlendirilebileceği bir temelini olmamasıdır (Taatsgen, van Rijn ve Anderson, 2007).

2.2. ZAMAN ALGISININ NÖROANATOMİK TEMELİ

Zaman deneyimimizin fiziksel zamandan farklı olduğu öznel zaman algımız aynı zamanda beynin zamansal bilgiyi nasıl organize ettiği ve yorumladığı konusunda da fikir vermektedir. Sinirbilimdeki zaman algısı çalışmalarına göre zamansal işleme mekanizmaları, merkezi ve dağıtılmış sistemlerin bir kombinasyonunu içerir. Hem doğrusal bir zaman ölçüsü sağlayan merkezi saat görüşü hem de dağıtılmış mekanizmaların varlığını destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Karmarkar ve Buonomano, 2007; Stauffer, Haldemann, Troche ve Rammsayer, 2011; Stevenson, Zemtsov ve Wallace, 2012).

Zamanlama yeteneklerinin çeşitli kortikal ağlarda mevcut olduğu, sinaptik ve hücresel özelliklerde zamana bağlı değişiklikler yoluyla yerel olarak gerçekleştirildiği bulunmuştur. Farklı duyuşal modalitelerdeki zamansal bilgilerin sentezi de zaman algısı için gereklidir. Merchant, Harrington ve Meck'e göre (2013) genel olarak zaman algısının sinirsel temeli, çekirdek zamanlama devreleri ile dağıtılmış beyin bölgeleri arasındaki etkileşimleri içerir, ayrıca çeşitli faktör ve süreçlerden etkilenmektedir.

Lezyon ve beyin görüntüleme çalışmalarında kullanılan birçok zamanlama görevi, bazal gangliyon ve beyinciğin zamansal bilgiyi işlemeye yönelik rolünü ortaya koymaktadır (Mauk ve Buonomano, 2004). Parker ve meslektaşları (2017) tarafından yapılan çalışmada serebellar ağlardaki bozulmalar şizofrenik bozukluğa sahip olan kişilerde zamanlamadaki yanlışlıklar ile ilişkilendirilmiştir. Bu bulgu beyinciğin aralık zamanlamadaki rolüne dair fikir vermektedir. Bazal gangliyonun zaman algısındaki rolünün bazal gangliyonda üretilen dopamin (DA) düzeyiyle ilişkili olduğu bulunmuştur (Magalhaes v.d., 2018). Parkinson hastalığına sahip bireylerin, zayıf aralık zamanlama performansının dopamin sinyallemedeki bozulma ile bağlantılı olabileceği bulunmuştur (Kim v.d., 2017). Malapani ve meslektaşları (1998), dopamin seviyesinin içsel saatin hızını farklılaştırdığını öne sürmüştür. Buna göre dopamin seviyesinin artması içsel saatinin hızını artırarak zamanın daha kısa algılanmasına sebep olurken dopamin seviyesinin azalması içsel saati yavaşlatmakta ve zamanın daha uzun algılanmasını sağlamaktadır. Dopaminle bağlantılı olarak yapılan çalışmalarda prefrontal kortekste artan dopaminin zaman algısını iyileştirdiği bulunmuştur; bu da dopaminin zamansal işlemeyi modüle etmede bir rol oynadığını düşündürmektedir (Mitchell, Weinstein ve Kayser, 2015). Bir başka lezyon çalışmasında (Ivry ve Keele, 1989) beyincikte lezyonu bulunan ve lezyon bulunmayan Parkinson hastalarını karşılaştırarak zamanlama performanslarını incelemiştir. Elde ettikleri bulguda beyincikte lezyonu bulunan hastaların zamanlama performanslarının daha kötü olduğunu göstermişlerdir.

Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS) çalışmaları da prefrontal korteks, serebellum ve parietal korteksin zaman algısında rol oynadığını göstermiştir. Örneğin Koch ve meslektaşları (2007) tarafından yapılan bir çalışmada sağlıklı katılımcıların serebellum ve sağ dorsolateral prefrontal kortekslerine TMS uygulanmasından sonra katılımcılardan kısa ve uzun zaman aralıklarını yeniden üretmeleri istenmiştir. Dorsolateral prefrontal kortekse yapılan TMS uygulaması uzun zaman aralıklarını; serebellumun lateral bölgelerine uygulanması ise kısa zaman aralıklarını yeniden üretme görevlerinde bozukluğa yol açmıştır (Koch, Oliveri, Torriero, Salerno, Gerfo ve Caltagirone, 2007).

Bunlara ek olarak subkortikal yapıların bir saniyenin altındaki zaman aralıklarının tahminiyle (saniye altı zamanlama görevleri) daha fazla ve kortikal alanların ise bir saniyenin üzerindeki zaman aralıklarının tahminiyle (saniye üstü zamanlama görevleri) daha fazla ilgili olduğuna dair bir ayırım yapılmıştır (Nani, Manuello, Liloia, Duca, Costa, ve Cauda, 2019). Çalışma belleği ve yürütücü işlevlerle ilişkili beyin bölgelerinin, zaman tahmini görevleri sırasında devreye girdiği bulunmuştur, bu bulgu zaman algısı için dağıtılmış bir sistemin olduğu görüşünü desteklemektedir (Radua ve diğ., 2014). Çünkü bu, zaman algısına ilişkin beyin bölgeleri dışında yürütücü işlevlerin ilişkili olduğu beyin bölgelerinin de bu bölgelere katılımını içerir. Bu etkileşimler ve belirli beyin bölgelerinin dahil olması, zaman aralıklarının algılanmasına ve tahmin edilmesine katkıda bulunur.

Genel olarak, zaman algısının karmaşık bir süreç olduğu ve merkezi-dışı mekanizmaların etkileşimini içerdiği söylenebilir. Beyin bölgeleri arasındaki iletişim ve dopaminin rolü, zaman algısının anlaşılmasında oldukça önemli faktörlerdir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ACT-R KULLANILAN ZAMAN ALGISI ÇALIŞMALARI

Bu bölümde ACT-R’da zaman algısı kavramına, dolayısıyla ACT-R’in zaman algısı modeline değinilecek ardından örnek çalışmalara yer verilecektir.

ACT-R zaman algısı modeli, önceki bölümde değinilen zaman algısı modellerindeki fikirlerin hesaplamalı bir uygulamasıdır (Taatgen, van Rijn ve Anderson, 2004). Temel varsayımı, bir hız düzenleyicinin bir akümülatöre atım akışları göndermesi ve akümülatörde toplanan atım sayısının geçen süreyi göstermesidir. Bu yapıda, akümülatörün mevcut değeri, birikimin başlangıcından bu yana geçen süreyi gösteren bir ‘saat’ görevi görür. Modelin uygulaması için ACT-R yapısına temporal (zamansal) modül dahil edilmiştir (Taatgen ve diğ., 2007). ACT-R temporal modülünün amaçları temel olarak işlevsel (bilişsel mimariye zamansal akıl yürütme araçlarını vermek) ve davranışsaldır (insanlarla aynı davranışı üretme yeteneği) (van Rijn ve Taatgen, 2008).

ACT-R zaman algısı modelinde diğer modellerde olduğu gibi sabit atım aralığı yerine artan aralıklarla atım aralığı üreten bir hız düzenleyici önerilmiştir. İlk atım (t_0) sabit bir başlangıç değerine sahiptir. Sonraki her atım, önceki iki atım arasındaki aralığın çarpımı olan bir aralıkla önceki atımdan ayrılır. Ortalaması 0 olan bir lojistik dağılımdan gelen gürültü ve mevcut aralığın b ile çarpılan standart sapması bu aralığa eklenir:

$$t_{n+1} = at_n + \text{gürültü} (M = 0, SD = b * at_n) \dots\dots\dots (2)$$

Her atıma gürültü eklenir, bu da tahminlerin her zaman yaklaşık olduğu anlamına gelir. Modelin amaçları açısından, zaman tahmin modülünün önemli yönü, belirli bir zaman aralığını bir dizi atıma çevirerek tahmin edebilmesi ve belirli bir atım sayısına kadar bekleyerek birikmiş bir zaman aralığını yeniden üretebilmesidir. Gürültü, insan zaman tahminindeki farklılaşmaya karşılık gelen tahminlerdeki değişkenliği üretir (van Rijn ve Taatgen, 2011).

Temporal modül eklendikten sonra ileriye dönük zaman aralığı tahmininde bellek, dikkat ve öğrenmenin rolünü anlamak için ACT-R bilişsel mimarisi kullanan

çok sayıda zaman algısı çalışması yapılmıştır (Örn. Glavan ve Houpt, 2019; Moon, Ficham, Betts ve Anderson, 2015). Katılımcıların zamansal aritmetik yaptıkları kalan zaman (time-left) görevindeki stratejilerin kullanımını araştıran bir çalışmada bu görevde katılımcıların muhtemelen zamansal aritmetiğin farklı stratejiler kullandığını gösteren bir deney ve ACT-R model simülasyonları sunulmaktadır (Meijering ve van Rijn, 2009).

Moon ve Anderson (2013) tarafından yapılan çalışmada, bir video oyunu bağlamında zaman aralığı tahmininin karmaşık süreci incelenmektedir. Bu araştırma, milisaniyelik zaman aralığı tahmininin modellenmesini araştırdığı ve bu özel görevde yer alan bilişsel ve algısal mekanizmalara ışık tuttuğu için özellikle önemlidir. Video oyunu gibi dinamik bir şekilde gerçekleştirilen zaman tahmininin, harici zamansal görevlerin etkisinin yanı sıra zaman baskısı altında birden fazla görevi yerine getirmenin prosedürel taleplerini anlamayı gerektirdiği gösterilmiştir.

Zaman algısı ve dikkati bir arada ele alan Taatgen ve meslektaşları (2009) tarafından yapılan bir başka çalışmada dikkatle yanıp sönme kavramı (attentional blink) ve bunun zamansal işleme ile arasındaki ilişkiye odaklanılmıştır. Bu çalışma, öncelikle dikkat süreçlerine odaklanırken uyaranların hızlı bir şekilde art arda gelmesi ve dikkatle yanıp sönmenin gerçekleştiği sınırlı zaman aralığı göz önüne alındığında işlemenin zamansal yönünü de içermektedir. ACT-R'ın kullanımı, araştırmacıların dikkat ve zamansal yönler de dahil olmak üzere farklı bilişsel süreçlerin karmaşık görevlerde nasıl etkileşime girdiğini modellemelerine olanak tanımıştır.

Hesaplamalı ve deneysel bir yaklaşım kullanarak karmaşık görev ortamlarında zamansal hataların tahminini inceleyen bir çalışmada (Russwinkel, Urbas, ve Thüring, 2011) ACT-R'a dayandırılan bir hesaplamalı model önerilmiştir. Çalışmada edimsel koşullanma, bellek güncelleme ve motor düzeltmeler gibi çeşitli bağlamlarda zamansal tahmin hatalarının rolü araştırılmıştır. Hesaplamalı modelleme ve deneysel yaklaşımları entegre edilen bu çalışma, zamansal tahmin hatalarının altında yatan mekanizmalara ve nöral alt tabakalara ışık tutarak sinirbilim, psikoloji ve hesaplamalı modelleme gibi çeşitli alanlar için değerli çıkarımlar sunmaktadır.

Çoklu iş yükü ve zaman baskının bilgi işleme hızı üzerindeki etkisini inceleyen görece daha yeni bir çalışmada da ACT-R bilişsel mimarisi kullanılmıştır (Park, Jeong ve Myung, 2018). Model simüle edilen değerleri, deneyden elde edilen ampirik verilerle karşılaştırarak doğrulanmıştır. Sonuçlar, modelin performans süresini ve çoklu iş yükü kaynaklarını doğru bir şekilde tahmin ettiğini göstermiştir. Önerilen yöntem, karmaşık sistemlerin veya arayüzlerin tasarım aşamasında operatör iş yükünü tahmin etmek için kullanılabilir. Çalışma ayrıca simülasyon modellerine teori tabanlı bir hesaplama motorunun dahil edilmesi ve zaman baskısının zihinsel iş yükü üzerindeki etkilerinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Bahsedilen çalışmalardan farklı olarak bedenleşmiş biliş (embodied cognition) ile ilgili bir çalışmada (Kennedy ve Trafton, 2011) yürümeyi içeren basit bir görevle ilişkili gerçek ve algılanan zaman performansı araştırılmıştır. Bu geliştirilen performans insan-robot etkileşimine uygulanmış ve bunun için ACT-R'ın bedenleşmiş biliş çalışmalarında kullanılan bir versiyonu olan ACT-R/E (Adaptive Control of Thought-Rational / Embodied) kullanılmıştır. Bu çalışmada amaçlı ve rahat bir hızla yürümeyi içeren bir deneye dayanarak yamuk bir yürüme modeli için dahi parametreler belirlenmiştir. İnsanların kısa görevler için görev süresini tahmin etmede başarılı oldukları ancak daha uzun görevlerin süresini daha kısa olarak algıladıkları bulunmuştur. Bu bilgi, insan-robot etkileşimine uygulanmıştır, robot görevin ne kadar süreceğini ve zamanın bir insan tarafından nasıl değerlendirileceğini öğrenmiştir. Bu çalışmalar, algıdan eyleme kadar çeşitli bilişsel süreçlerin modellenmesinde ACT-R'ın çok yönlülüğünü göstermektedir.

Temporal modülün oluşturulduğu çalışma olarak bilinen ve bu tezde benzeri bir deney yürütülen Taatgen, van Rijn ve Anderson'ın 2007 yılındaki çalışmasına değinilecektir. Bu çalışmada yazarlar biliş, dikkat ve öğrenmeyi birleştiren entegre bir ileriye dönük zaman algısı teorisi sunmaktadırlar. Dikkat, öğrenme, çift-görevli zamanlama görevi ve zaman algısını birleştiren bir deneyi modellemek için ACT-R bilişsel mimarisini kullanmaktadırlar. Model, zaman tahminlerinin dağılımını ve görev zorluğunun zaman tahmini üzerindeki etkisini doğru bir şekilde tahmin etmektedir. Bu çalışmada dikkat ve öğrenmeyi birleştiren ve çift görevli zamanlama görevini içeren iki deney yürütmüşler ve deneylerde görev zorluğunun zaman tahminlerinin nasıl

etkilediğini bulmayı amaçlamışlardır. Deneylerin ilkinde gruplar arası dört koşul bulunmaktaydı. Her koşul üç aşamadan oluşmakta ve her aşamada katılımcılar ya Harf görevini (kolay) ya da Toplama görevini (zor) gerçekleştirmişlerdir. Dört koşul şu şekildedir: Harf görevi (HHH) ile üç aşama, Toplama görevi (TTT) ile üç aşama, Harf görevi ile iki aşama ve ardından Toplama görevi (HHT) ile bir aşama ve Toplama görevinin ardından Harf görevi (TTH) içeren bir aşama. Her aşama, her biri 120 saniye süren, dokuz denemeden oluşan beş bloktan oluşuyordu. 13 saniye süren her bir denemede katılımcılardan iki tane ikili görev yapmaları beklenmektedir. İlk ikili görevde katılımcılar ekranın sağ penceresinde bulunan 'A' harfini ya da 'doğru çözümlü' toplama işlemini görünce üzerine tıklayarak tepki vermeleri ve eş zamanlı olarak denemenin başından itibaren zaman aralığını takip ederek 7 saniye dolunca butona tıklamaları gerekmektedir. Diğer uyarılar olan, harf görevi için 'B' harfi; toplama görevi için 'yanlış çözümlü' toplamayı göz ardı edip tepki vermemeleri gerekmektedir. İkinci ikili görevde 7 saniye dolunca butona tıklamalarının ardından ekranın sol tarafında gelen harflere veya toplama işlemlerine tepki vermeleri ve yine eş zamanlı olarak sağ tarafta görülmeye devam eden uyarılara da tepki vermeleri gerekmektedir. Katılımcılar verdikleri doğru cevaplara göre puan almaktadırlar. Ekranın sağ tarafında gelen görevler düşük kazançlı (30 puan), sol tarafta gelen görevler ise yüksek kazançlıdır (100 puan). Yüksek kazanç elde etme periyodunun sona erdiği mesajı ekranda gösterilerek 13 saniyelik denemenin bittiği katılımcılara bildirilir ve yeni deneme başlatılmış olur. Deney, katılımcıların farklı zorluklardaki görevlerde zaman aralıklarını doğru bir şekilde tahmin etme becerilerini araştırmayı amaçlamıştır.

Sonuçlar, görev zorluğunun zaman tahmininin doğruluğunu önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Ancak tepki verilmemiş denemelerin oranı üzerinde bir etkisi olduğu bulunmuştur; bu da katılımcıların, görev daha zor olduğunda zaman tahmini yapmayı kaçırma olasılıklarının daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir. Bu, görev zorluğunun tahminin doğruluğundan ziyade tahmin yapma olasılığını etkilediğini göstermektedir. Dikkat Kapısı Modeli, görev zorluğunun zaman tahmininde bir kaymaya neden olacağını öngörmekte ancak sonuçlar bu öngörüğü desteklememektedir. Bunun yerine görev zorluğunun ana etkisi, yanıt vermeyen

denemelerin oranındaki artıştır. Yazarlar, entegre teorilerinin ileriye dönük zaman tahmininde biliş, dikkat ve öğrenmenin rolüne ilişkin kapsamlı bir açıklama sağladığı sonucuna varmıştır.

Görev zorluğunun zaman tahmininde bir kaymaya sebep olmamasının toplama ve harf görevleri arasındaki zorluk-kolaylık ayrımının net olmamasının kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle bu tezde toplama görevinin zorluğu artırılmıştır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN AMACI VE HİPOTEZLER

4.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın genel amacı insanların ileriye dönük aralık zamanlama performansını incelemek ve model performansı ile karşılaştırmaktır. Çalışmada insan ve modelin aralık zamanlama performansının değerlendirilmesi için Taatgen, Anderson ve van Rijn'in 2007 yılındaki çalışmalarının deney düzeneği yeniden oluşturulmuştur. Deney çift görevli zamanlama görevi olarak tasarlanmış ve zaman aralığı üretimi paradigması tercih edilmiştir. Görevin detaylarından yöntem bölümünde bahsedilecektir. Çalışmada zaman aralığını tahmin etmede öğrenme ve görev zorluğunun etkisine bakılmaktadır. Buna göre görevi yaptıkça katılımcıların ve modelin zaman aralığını tahmin etmede daha başarılı olacakları düşünülmektedir. İnsanlarda olduğu gibi ACT-R da geçmiş davranış örneklerini depolayarak ve geri çağırarak deneyimden öğrendiği için modelin giderek daha iyi performans göstermesi beklenmektedir.

Görev zorluğu açısından bakıldığında Dikkat Kapısı Modeline göre çift görevli zamanlama görevinde zaman tahmini ile aynı zamanda yapılan görevin zorluğu zaman tahminini etkilemektedir. Buna göre zaman tahmini yaparken yapılan diğer zamansal olmayan görev zor olduğunda yani daha talepkar bir görev olduğunda dikkat, zamansal olmayan göreve yöneltilenektir. Dikkatin zamansal olmayan göreve daha fazla yöneltilmesi sonucunda akümülatörde fazla atım birikeceği için sürenin daha uzun olarak tahmin edileceği; diğer taraftan bu görev daha kolay bir görev olduğunda ise akümülatörde daha az atım birikeceği için daha kısa bir tahmine yol açacağı öngörülmektedir.

Görev sırasında görevlerin zorluğu değiştiğinde zaman tahminlerinin nasıl değişeceği de önemli bir sorudur. Dikkat Kapısı Modeline göre görev zorluğu kolaydan zora değiştiğinde akümülatördeki tik sayılarını güncellemek zaman aldığı için zaman olduğundan daha uzun algılanır. Görev zorluğu zordan kolaya değiştiğinde bilişsel yük önceki kadar fazla olmayacağı için akümülatörü güncellemek daha basit bir işlemdir ve bu nedenle zaman olduğundan daha kısa algılanır.

ACT-R’da oluşturulan zaman ile ilişkili temporal modülün işlevi, insan zamansal işleme becerisi ve zamanlama performansını simüle etmektir. Çalışmanın sonunda ACT-R’ın zamanlama performansının insan zamanlama performansını ne kadar yordayabildiğine bakılacaktır.

4.2. ÇALIŞMANIN TEMEL HİPOTEZLERİ

Çalışmanın hipotezleri aşağıda sunulmaktadır.

Öğrenme Etkisine İlişkin Hipotezler:

- H1.a: Katılımcılar, zaman aralığını tahmin etmede giderek daha iyi performans göstereceklerdir.
- H1.b.: Model, zaman aralığını tahmin etmede giderek daha iyi bir performans gösterecektir.
- H1.c. Modelin zaman aralığı tahmin etme performansı katılımcıların performansı ile uyumlu olacaktır.

Görev Zorluğuna İlişkin Hipotezler:

- H2.a: Katılımcıların kolay bir görevi ve zor bir görevi yaparken zaman aralığı tahminleri farklı olacaktır.
- H2.b: Modelin kolay bir görevi ve zor bir görevi yaparken zaman aralığı tahmini farklı olacaktır.
- H3.a: Katılımcılar, kolay görevden sonra zor görevi yaparken zaman aralığını olduğundan uzun tahmin edeceklerdir.
- H3.b: Model, kolay görevden sonra zor görevi yaparken zaman aralığını olduğundan uzun tahmin edecektir.
- H4.a: Katılımcılar, zor görevden sonra kolay görevi yaparken zaman aralığını olduğundan daha kısa tahmin edeceklerdir.
- H4.b: Model, zor görevden sonra kolay görevi yaparken zaman aralığını olduğundan daha kısa tahmin edecektir.
- H5: Modelin zaman aralığı tahmin etme performansının görev zorluğuna bağlı değişimi katılımcılarınki ile uyumlu olacaktır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

YÖNTEM

5.1. KATILIMCILAR

Çalışmanın ön değerlendirilmesi için oluşturulan Katılımcı Bilgi Formu, Beck Depresyon Envanteri 70 kişiye ulaştırılmıştır. Bu kişilerden aşağıda belirtilen dahil etme ve dışlama kriterlerini karşılayan 32 kişi asıl çalışmaya dahil edilmiştir. Dahil etme ve dışlama kriterleri aşağıda sunulmuştur.

Çalışmanın Dahil Etme Kriterleri:

- Üniversite öğrencisi veya üniversite mezunu olmak
- 20-35 yaş aralığında olmak
- Kadın olmak

Çalışmanın Dışlama Kriterleri:

- Düzenli alkol/madde kullanmak
- Herhangi bir psikolojik, psikiyatrik veya nörolojik bozukluk tanısı almış olmak
- Ciddi bir fiziksel sağlık sorununa sahip olmak
- Nörolojik/psikiyatrik ilaç kullanmak
- Beck Depresyon Envanterinden 19 üzeri puan almak
- Durumluk kaygı ölçeğinden 40 üzeri puan almak
- Ciddi düzeyde görme kusuruna sahip olmak
- Deneyi düşük motivasyonla tamamlamak
- Baskın elin sol el olması

Dışlama kriterleri daha önce yapılan zaman algısı çalışmalarında dikkat edilen kriterler göz önünde bulundurularak eklenmiştir. Bu kriterlere göre 6 kişi Beck Depresyon Envanterinden 19 üzeri puan aldıkları gerekçesiyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Durumluk Kaygı Ölçeğinden 40 üzeri puan alan 7 kişi; hem Durumluk Kaygı Ölçeğinden 40 üzeri puan alan hem de Beck Depresyon Envanterinden 19 üzeri puan alan 6 kişi; baskın el kullanımı sağ el olmayan 3 katılımcı; nörolojik/psikiyatrik

ilaç kullanımı olan 3 katılımcı; erkek olan 4 kişi; nörolojik bozukluğa sahip olduğu için 1 kişi; 1 katılımcı da 35 yaş üzeri olduğu için devam çalışmasına dahil edilmemiştir. 7 kişi de devam çalışması için iletişime geçmediğinden 70 kişiden 38'i bu şekilde elenmiştir.

Asıl çalışmaya dahil olan katılımcıların yaşları 20 ile 33 arasında değişmektedir ($\bar{x} = 24.75$, $SS = 3.574$). Her 4 koşulda 8 katılımcı bulunmaktadır. Gruplar arası bir çalışma olduğu için grupların homojen olması adına her dört koşuldaki katılımcıların yaş ortalamaları dengelenmiş ve bütün koşullara sadece kadın katılımcılar dahil edilmiştir. Çalışmanın örnekleminin yaş ve eğitim durumu detaylı olarak bulgular bölümünde sunulmuştur.

Bu araştırma Toros Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kurulunun 26.12.2022 tarihli toplantısında ele alınmış, 192 sayılı karar ile etik onayı almıştır (Bkz. Ek 1). Veri toplama aşamasına geçilmeden önce tüm katılımcılardan Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formunu doldurmaları istenmiştir (Bkz. EK 2).

5.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI

Çalışmada öncelikle katılımcıların çalışmaya katılımlarını belirlemek amacıyla Katılımcı Bilgi Formu, Beck Depresyon Envanteri Google Formlar aracılığıyla sunulmuştur. Veri toplama aşamasına geçmeden katılımcılardan Durumluk Kaygı Ölçeğini doldurmaları, deneyden sonra da Motivasyon Ölçeğini işaretlemeleri talep edilmiştir. Asıl çalışmada ise çift-görevli zamanlama görevi yer almaktadır.

5.2.1. Katılımcı Bilgi Formu

Bu formda katılımcıların yaşı, cinsiyeti, eğitim durumu, el tercihi, sağlık durumu, ilaç kullanımı, madde kullanımı, alkol kullanım sıklığı gibi sorular sorulmuştur (Bkz. Ek 3). Bu sorulara verdikleri cevaplar katılımcıların çalışmaya dahil olmalarını belirlemiştir. Ek olarak katılımcıların Beck Depresyon Envanteri ve Durumluk Kaygı Ölçeğinden aldıkları puanlar da katılımlarını belirlemiştir.

5.2.2. Beck Depresyon Envanteri

Beck Depresyon Envanteri (BDE), depresyonun şiddetini ölçmek için tasarlanmış, yaygın olarak kullanılan bir öz bildirim anketidir (Beck, Steer ve Carbin,

1988). Her biri artan semptom şiddetine sahip dört ifade içeren depresyonda görülen belirtilerden oluşan 21 madde bulunmaktadır. Envanterde katılımcılardan, değerlendirme günü de dahil olmak üzere son iki hafta içindeki duygularını en iyi tanımlayan ifadeyi seçmeleri istenmektedir. Maddelerin puanları 0 ile 3 arasında değişmektedir. Envanterden alınan yüksek puanlar yüksek depresyon düzeyine işaret etmektedir. Envanterin, Türkçe geçerlik ve güvenilirliği, Hisli (1989) tarafından yapılmıştır.

Depresyonun zaman algısı üzerinde bozucu etkilere sahip olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Örn. Kornbrot, Msetfi ve Grimwood, 2013; Thönes ve Oberfeld, 2015). Zamanlama performansı üzerindeki bu bozucu etkinin çalışma sonuçlarını etkileyebileceği göz önünde bulundurularak katılımcıların depresyon şiddetini ölçmek amacıyla BDE sunulmuş ve bu envanterden 19 üzerinde puan alan katılımcılar araştırmaya dahil edilmemiştir.

5.2.3. Durumluk Kaygı Ölçeği (DKÖ)

Durumluk-Sürekli Kaygı Envanteri (DSKE) hem araştırma hem de klinik ortamlarda kaygıyı ölçmek için yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Envanter Spielberg, Gorsuch ve Lushene tarafından (1970) oluşturulmuştur. Türkçe'ye uyarlaması Öner ve Le Compte (1983) tarafından yapılmıştır. DSKE'nin Durumluk Kaygı Ölçeği (DKÖ) ve Sürekli Kaygı Ölçeği (SKÖ) olmak üzere iki alt ölçeği bulunmaktadır. Envanterde toplam 40 madde bulunmakta ve her iki alt ölçekte de 20'şer madde yer almaktadır. Bu çalışmada alt ölçeklerden Durumluk Kaygı Ölçeği kullanılmıştır. Durumluk Kaygı Ölçeğinde (DKÖ) maddeler, 'Hiç (1)' ile 'Tamamıyla (4)' arasında 4'lü likert tipi ölçek üzerinden puanlanmaktadır ve maddeler 'Şu anda sakınım', 'Şu anda sınırlarım gergin', 'Pişmanlık duygusu içindeyim' gibi kişilerin o anda nasıl hissettiklerini değerlendirmelerine yöneliktir. DKÖ'den elde edilen puanlar 20 ile 80 arasında değişmektedir. Ölçekten alınan yüksek puanlar yüksek durumluk kaygı düzeyine işaret etmektedir. Türkçe geçerlik çalışmasında hem durumluk hem de sürekli kaygı envanteri için yüksek cronbach alfa katsayıları bulunmuştur ve bu da güçlü bir iç tutarlılığa işaret etmektedir. Türkiye popülasyonunda cronbach alfa katsayıları Durumluk Kaygı Ölçeği için .94 ile .96 arasında bulunmuştur (Şahin ve Kırılı, 2021).

Yüksek kaygı düzeyinin zaman algısı ve diğer bilişsel işlevler üzerinde etkisi olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Örn. Liu ve Li, 2020; Schneider, Kisby ve Flint, 2010). Buradan yola çıkarak katılımcının zamanlama performansı üzerinde bozucu etki oluşturabileceği düşünülen anlık kaygı düzeyinin kontrol edilmesi amacıyla çalışmanın yüz yüze gerçekleştirilen aşamasında tüm katılımcılara DKÖ uygulanmıştır. DKÖ'den 40 üzeri puan alanların verileri analize dahil edilmemiştir.

5.2.4. Motivasyon Ölçeği

Motivasyon Ölçeği, katılımcıların çalışmayı ne kadar yüksek istek ve motivasyonla tamamladıklarını öğrenmek amacıyla oluşturulmuştur ve katılımcılara çalışmanın sonunda sunulmuştur. Ölçekte katılımcılara çalışmayı devam ettirirken motivasyonlarının ne kadar yüksek olduğu sorulmuş ve bunu 1 ile 5 arasında puanlamaları istenmiştir. Bu 5'li likert ölçeğinde puanlamalar şu şekildedir: 1- Çok az, 2-Az, 3-Biraz, 4-Yüksek, 5-Çok Yüksek (Bkz. Ek 4). Bu ölçeği 4'ün altında puanlayan katılımcıların verilerinin analize dahil edilmemesi planlanmıştır.

5.2.5. Çift-Görevli Zamanlama Görevi

Çift-görevli zamanlama görevi genel olarak dikkat ve öğrenmenin zamanlama üzerindeki etkisini test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Katılımcılardan iki farklı göreve ek olarak zaman tahmini yapmaları beklenir. Matthews ve Meck (2014) aralık zamanlama deneylerinde kullanılan görevlerin gerçek hayattaki görevler kadar karmaşık olmadığını ileri sürmüşlerdir. Bu çalışmada, çift görev sayesinde deneyde gerçek hayattakine benzer karmaşıklıkta görev sunulmuştur. Bu çalışmada Taatgen, van Rijn ve Anderson'ın 2007 yılındaki çalışmalarındaki birinci deneyde yer alan çift-görevli zamanlama görevi birkaç değişiklik ile kullanılmıştır.

Çalışmada dört koşul bulunmaktadır: Sadece harf görevlerini içeren HHH koşulu; sadece toplama işlemi görevlerini içeren TTT koşulu; önce harf sonra toplama işlemi görevlerini içeren HHT koşulu ve önce toplama işlemi sonra harf görevlerini içeren TTH koşulu. Harf görevinde ekrana rastgele sırada 'A' ve 'B' şeklinde iki harf gelmekte ve katılımcılardan 'A' harfinin üzerine tıklayarak tepki vermeleri istenmektedir. 'B' harfi gelince hiçbir şekilde tepki vermemeleri beklenmektedir. Toplama işlemi görevinde ise bir tane tek basamaklı ve bir tane çift basamaklı sayının

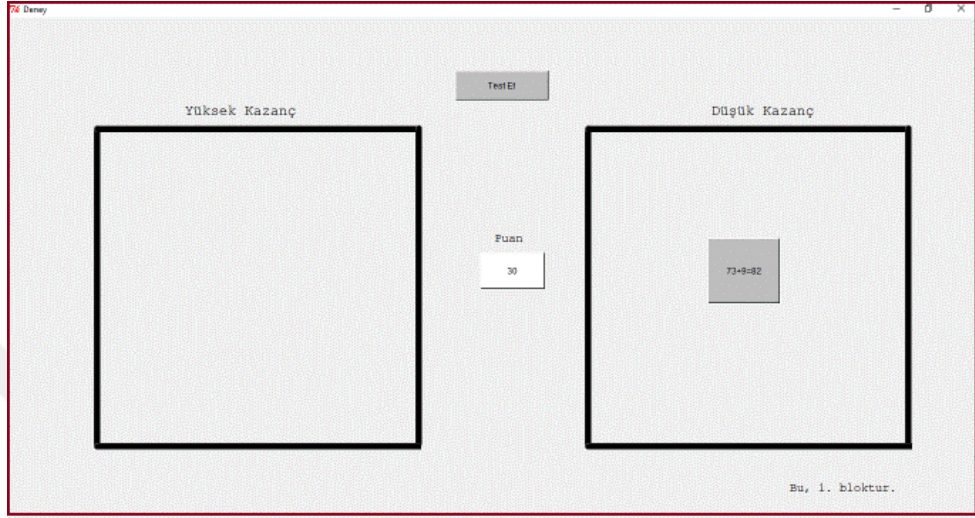
toplamı ve sonuçları verilmektedir. Bu işlemlerinin bazılarının sonucu yanlış bazılarının da doğru olarak sunulmaktadır. Doğru ve yanlış sonuçlu toplama işlemleri rastgele sırada sunulmaktadır. Katılımcılardan doğru sonuçlu toplama işlemlerine tepki vermeleri, yanlış sonuçlu toplama işlemlerine hiçbir şekilde tepki vermemeleri beklenmektedir. Katılımcılara, harf ve/veya toplama işlemi görevlerini yaparken hedef zaman aralığı olan 7 saniyeyi tahmin etmeleri talimatı verilmiştir.

Deneyde, ekran iki pencereye bölünmüştür. İlk olarak sağ pencereye bir uyarın gelmektedir (Harf veya Toplama İşlemi). Bu aşamada katılımcılardan harf görevinde 'A' harfine tıklamaları, toplama görevinde 'sonucu doğru' olan toplama işlemine tıklamaları beklenmektedir. Katılımcılar bu görevi yaparken eş zamanlı olarak denemenin başlangıcından itibaren geçen zaman aralığını takip ederek 7 saniye dolduğunda pencerelerin ortasında kalan 'Test Et' butonuna tıklamaları gerekmektedir. Katılımcılar, bu butona tıkladıktan sonra sol pencerede de uyarın gelmeye başlar. Bu ikili görevde de hedef hem solda hem sağda eşzamanlı gelen uyarılara tepki vermektir. Katılımcılar sağ penceredeki doğru cevapları için 30 puan; sol penceredeki doğru cevapları için 100 puan almaktadır. Buradan yola çıkarak sağdaki görev düşük kazançlı; soldaki görev yüksek kazançlı olarak tanımlanmıştır. 13 saniye tamamlandıktan sonra denemenin sona erdiğini belirten 'Yüksek Kazanç Aşamasının Sonu' yazısı gelir ve yeni deneme başlar.

Soldaki görevin puanının daha yüksek olarak belirlenmesinin sebebi görevi yapanların daha fazla puan kazanma beklentisiyle soldaki görevi beklemesidir. Soldaki görevin gelmesinin tek yolu da 7 saniye dolunca 'Test Et' butonuna tıklamaktır. Bu sayede katılımcıların harf ya da toplama görevini yerine getirirken zaman tahmini görevini ihmal etmemeleri amaçlanmıştır. Katılımcıların 'Test Et' butonuna 7 saniyeden daha erken tıklamalarını engellemek için de erken tıklamalardan 10 puanın eksileceği bilgisi verilmektedir. İkili zamanlama görevinin amacı bir seçim reaksiyonu görevine (choice reaction task) paralel olarak zaman tahminin gerçekleştirilmesidir.

Deney üç aşamadan oluşmakta ve bir aşamada 9'ar denemeden oluşan 5 blok bulunmaktadır. Buna göre bir aşamada 45 deneme, deneyde toplam 135 deneme bulunmaktadır. HHH koşulunda 135 deneme harf görevi, TTT koşulunda 135 deneme toplama işlemi görevidir. HHT koşulunda 90 deneme harf görevi, 45 deneme toplama

işlemi görevi iken TTH koşulunda tam tersi şekilde 90 deneme toplama işlemi görevi, 45 deneme harf görevidir. Her bir deneme 13 saniye sürmekte ve denemeler arası bekleme süresi 2 saniyedir. Yönerge ve alıştırmalar dışındaki deney süresi yaklaşık 30 dakikadır.



Şekil 5.1. Çift-Görevli Zamanlama Görevinden Bir Ekran Görüntüsü. Ekran, yüksek kazanç ve düşük kazanç olmak üzere iki pencereye ayrılmıştır. Uyarılar sağ ve sol pencerelerin tam ortasında yer almaktadır. Ekranın tam ortasında puan değerleri yer almakta ve katılımcılar tepki verdikçe güncellenmektedir. Ekranın orta üstünde 'Test Et' butonu bulunmakta ve sağ alt kısımda da blok sayısı yazmaktadır.

Uyarıların her biri ekranda 1200 milisaniye görünmektedir. Uyarılar arası süre (Interstimulus stimuli interval, ISI) katılımcıların aşinalık sağlamasını ve uyarıların saymasını engellemek amacıyla rastgele aralıkta oluşturulur. Birçok çalışmada uyarılar arası sürenin bu amaçlarla rastgele oluşturulduğu görülmüştür (Aktaş-Dinçer ve Göktaş, 2019; Salet, van Rijn ve Kruijne, 2021). Bu çalışmada da uyarılar arası süre 500 ile 2000 milisaniye arasında rastgele olarak değişmekteydi.

Mevcut çalışmada orijinal çalışmadan farklı olarak toplama görevinde görece daha zor bir görev verilmiştir. Bunun amacı görevler arasındaki zorluk derecesini belirginleştirmektir. Orijinal deneyde Taatgen ve diğerleri (2007) zaman tahmininde görev zorluğu değişiminin etkisinin küçük olmasının nedeninin zor görevin (toplama işlemi) yeterince zor olmaması olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca DKM, bir görev değişikliğinden sonra (HT ve TH'de olduğu gibi) zamanlamadaki önemli ve ani değişiklikleri tahmin eder. Bu değişiklikler görevlerin özellikleri (zorlukları) ile ilgilidir.

Bu nedenle mevcut çalışmada toplama işlemi görevinde küçük bir değişiklik yapılmış ve orijinal deneyde iki tane bir basamaklı sayının toplamı verilirken bu çalışmada bu, bir tane iki basamaklı bir tane bir basamaklı sayının toplamı olarak değiştirilmiştir. Bu değişiklik yapılırken uyarılar kısa bir süre (1200 ms) ekranda kalması nedeniyle görevin çok zor olmamasına dikkat edilmiştir. Çok zor görevler daha fazla dikkat kaynağı kullanacakları için de tercih edilmemiştir.

Yapılan bir diğer değişiklik ise orijinal deneyde zaman aralığı yeniden üretim paradigması kullanılırken bu çalışmada daha basit olması adına ve örnek öğrenme incelenmediği için zaman aralığı üretimi paradigması kullanılmaktadır. Bu deneyde sabit bir zaman aralığı (7 saniye) verilir katılımcıların bu süreyi tahmin etmeleri istenmiştir.

5.2.6. Çalışmada Kullanılan Programlama Dilleri ve Programlar

5.2.6.1. Python Programlama Dili

Python basitliği ve okunabilirliği ile bilinen, üst düzey, yorumlanmış bir programlama dilidir. Guido van Rossum, Python'un ilk versiyonunu 1991'de yayınlamıştır ve o zamandan bu yana, özellikle yeni başlayanlar ve profesyoneller için en popüler programlama dillerinden biri haline gelmiştir (Millman ve Aivazis, 2011). Psikoloji, bilişsel bilimler gibi alanlarda veri analizi, deney kontrolü, simülasyon ve modelleme, veri görselleştirme (Örn. grafikler), anket ve ölçek geliştirme gibi amaçlar için Python'a başvurulmaktadır. Bu çalışmada da deney tasarımı için ACT-R Grafik Kullanıcı Arayüzünde (AGI) deneyi tasarlamak için kullanılmıştır. Bunun yanı sıra veri analizi ve veri görselleştirme aşamalarında da Python programlama dili (versiyon 3.8) tercih edilmiştir. Python programlama dili Spyder entegre geliştirme ortamında (Integrated Development Environment, IDE) kullanılmıştır.

5.2.6.2. Lisp Programlama Dili

Hala kullanımda olan en eski ikinci programlama dili olan Lisp'in, diğer programlama dillerinin gelişimi üzerinde derin bir etkisi olmuştur. Lisp, List Processing (Liste İşleme) kelimesinin kısaltmasıdır. Başlangıçta sembolik hesaplama ve liste işleme için geliştirilen Lisp yapay zeka, biyoinformatik gibi çeşitli alanlarda önemli bir dil haline gelmiştir (Khomtchouk, Weitz, Karp ve Wahlestedt,

2018). ACT-R bilişsel mimarisinin modelleme aşamasında ilk kullanılan programlama dili Lisp'tir, daha sonra Python ve MATLAB gibi diğer programlama dillerine uyarlanmıştır. Bu çalışmanın model kodu da Lisp ile yazılmıştır. Lisp programlama dili Allegro Common Lisp (ACL) entegre geliştirme ortamında kullanılmıştır. Allegro Common Lisp, Franz Inc. tarafından geliştirilen entegre bir geliştirme ortamına (IDE) sahip bir programlama dilidir. Lisp geliştirme için kapsamlı bir araç ve kütüphane seti sağlar. Optimize edici bir derleyici, grafiksel bir entegre geliştirme ortamı (IDE) ve büyük ölçekli, karmaşık uygulamalar oluşturmak için uygun hale getiren çeşitli kütüphaneler ve uzantılar içerir (<https://franz.com/products/allegro-common-lisp/>). Bu çalışmada ACL'in 10.1 versiyonu kullanılmıştır.

5.2.6.3. ACT-R Kullanıcı Grafik Arayüzü (ACT-R Graphical User Interface, AGI)

İkili zamanlama görevi katılımcılara ACT-R'in kullanıcı grafik arayüzünde (ACT-R Graphical User Interface, AGI) sunulmuştur. AGI, ACT-R modelleri için basit deneyler oluşturmayı kolaylaştırmak üzere tasarlanmış küçük bir araç setidir (Bothell, 2020). Bu araçlar metin, düğmeler, çizgiler ve resimlerden oluşturulmuş arayüzler oluşturabilmektedir. Uyguladığı çıktı cihazlarından gelen model eylemleri, tuşlara basma, fare hareketi ve tıklamaları ve modelden konuşma çıktısını kaydetmek için izlenebilir. Bunlar sonucunda AGI, insan bilişsel görevlerini uygulamak ve simüle etmek için bir ortam sunmaktadır. Görevle ilgili prosedürel ve bildirimsel bilgi girdilerini ve içinde çalışılacak simüle edilmiş bir dünya veya ortamı almaktadır. Bu çalışmada AGI'nın Python sürümü kullanılmıştır. ACT-R 5. versiyonu, Python 3.8 versiyonu kullanılmıştır.

5.3. İŞLEM

Bu bölümde önce katılımcıların yürüttüğü görevin süreci hakkında bilgi verilecek, sonrasında modelin çalıştırılmasına ilişkin detaylar sunulacaktır.

5.3.1. Deneyle İlgili İşlemler

Çalışmanın verilerini toplamaya Mersin ilinde Aralık 2022 tarihinde başlanmış 06 Şubat Kahramanmaraş merkezli depremin ardından Nisan 2023 ayına kadar ara

verilmiştir. Bu aranın verilmesinin nedeni Mersin ilinin depremde etkilenen bölgelerden biri olması, depremde kaynaklı tüm ülkede bireylerin kaygı düzeylerinin artması ve örneklemin büyük bir bölümünü oluşturan üniversite öğrencilerine deprem sonrası uzaktan eğitime geçilmesi sebebiyle erişilememesi ve veri toplamanın aksamasıdır.

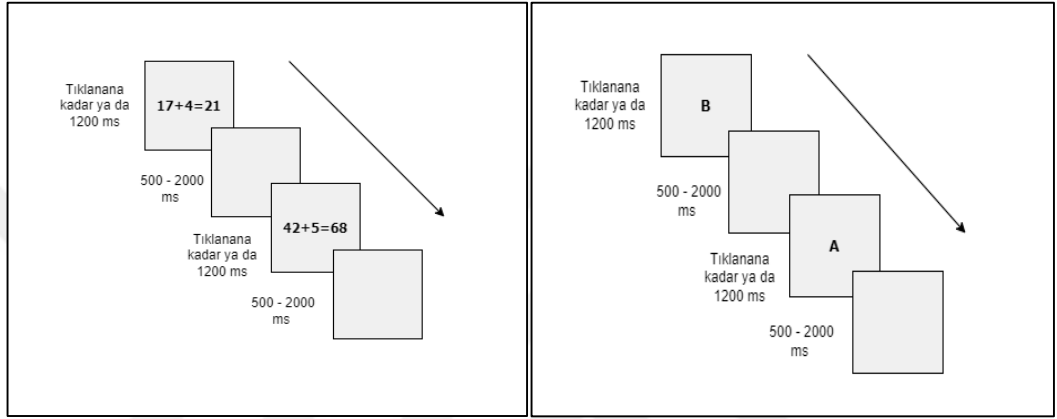
İlk olarak tasarlanan çift-görevli zamanlama görevinin amacına uygun olup olmadığı ve anlaşılabilirliğini test etmek amacıyla pilot çalışma yürütülmüştür. Pilot çalışmaya üniversite okuyan veya mezun 17 katılımcı dahil edilmiştir (2 Erkek, 15 Kadın). Pilot çalışmada katılımcılara Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu verilmiştir. Ardından katılımcılara çalışmanın amacı kısaca açıklanmış ve görevin yönergeleri sözel ve yazılı olarak sunulmuştur. Pilot çalışmalar sırasında katılımcıların görevle ilgili verdiği geri dönütler sonucunda yönergeler yeniden düzenlenmiş ve görevin talimatları daha detaylı aktarılmıştır. Buna ek olarak katılımcıların görevi daha iyi anlamalarını sağlamak amacıyla çalışmanın başına yönergelerden sonra alıştırmaya aşaması eklenmiştir. Pilot çalışmanın sonunda elde edilen veriler sonucunda görev deney kodunda deneme süresine ilişkin değişkenlik gözlenmiş ve koda eklenen bir fonksiyon yardımı ile bu sorun çözülmüştür. Öncesinde deneme süreleri 11 ile 16 saniye arasında değişirken bu fonksiyon sayesinde bir denemenin uzunluğu 13 saniyeye sabitlenmiştir.

Pilot çalışmanın ardından yapılan düzeltme ve düzenlemelerin sonrasında asıl görev uygulanmaya başlanmıştır. Asıl görevde kişilerin çalışmaya katılımlarını belirleyen Katılımcı Bilgi Formu, Beck Depresyon Envanteri Google Formlar aracılığıyla iletilmiştir. 70 kişi bu formlara dönüş yapmıştır. Çalışmanın dahil etme ve dışlama kriterlerine uyan kişiler ile iletişime geçilmiş ve çalışmaya davet edilmişlerdir. Yüz yüze uygulama aşaması katılımcının dış etkenlerden etkilenmemesi için Toros Üniversitesinde boş ve sessiz bir odada gerçekleştirilmiştir. Odada saat olmamasına dikkat edilmiş, bilgisayar masaüstündeki saat kaldırılmış ve saat takan katılımcılardan deney sırasında çıkarmaları istenmiştir. Katılımcıların hepsi saat 10:00 ile 17:00 saatleri arasında çalışmaya alınmıştır. Uygulama aşamasında çift-görevli zamanlama görevine başlamadan önce katılımcılardan Durumluk Kaygı Ölçeğini doldurmaları istenmiştir. Ardından katılımcılar, çift-görevli zamanlama görevine alınmıştır. Katılımcılara rastgele atandıkları görev koşulunun yönergesi sunulmuş ve daha sonra

alıştırmaları yapmaları istenmiştir. Bu aşama katılımcının görevi kavrayabilmesi için tasarlanmıştır, görevin yönergeleri Ek 5'te sunulmaktadır. Alıştırmalar 6 denemeden oluşmaktaydı. Katılımcıların tek seferde anlamaması durumunda alıştırmayı tekrar yapabilecekleri bilgisi verildi. HHH koşulundaki alıştırmada 6 denemenin hepsi harf görevi idi; TTT koşulunda ise hepsi toplama işlemi görevi idi. HHT koşulundaki alıştırmada 6 denemenin 4'ü harf görevi iken 2'si toplama işlemi görevi; TTH koşulunda 4'ü toplama işlemi görevi 2'si harf görevi idi. Alıştırma aşaması sonunda katılımcılara görevi anladıkları ve hazır oldukları zaman asıl göreve geçebilecekleri bilgisi verilmiştir. Asıl görev yukarıda detaylıca anlatılmıştır. Koşullar arasındaki farklılıklara değinerek bahsedecek olursak; HHH koşulundaki katılımcıların 135 denemenin hepsinde yani her üç aşamada da harf görevini yapmaları gerekmektedir. Bu, kolay görev koşuludur. HHH koşulunda ilk olarak sağ tarafta harfler gelmiştir. Katılımcıların sadece 'A' harfine, üzerine tıklayarak tepki vermesi 'B' harfini görünce herhangi bir tepki vermemeleri beklenmekteydi. Sağ penceredeki görevi yaparken eş zamanlı olarak da zaman aralığını takip etmeleri ve 7 saniye dolunca 'Test Et' butonuna tıklamaları gerekmektedir. 7 saniye dolunca veya geçince butona tıklamaları sonucunda sol pencerede de harf görevi gelmekte ve sağ pencerede görev gelmeye devam etmekteydi. 13 saniye tamamlanana kadar deneme devam etmekte, tamamlanınca ekrana 'Yüksek kazanç aşamasının sonu' yazısı gelmekte ve bir sonraki denemeden önce 2 saniye bekleme süresi bulunmaktaydı. Bu şekilde 135 deneme sürmektedir. TTT koşulunda 135 denemenin hepsi toplama işlemi görevidir. TTT koşulu olan zor görev koşulunun tek farkı harf görevi yerine toplama işlemi görevi gelmesidir. Bir adet iki basamaklı ve bir adet tek basamaklı sayının yer aldığı toplama işlemleri rastgele olarak doğru sonuçlu (Örn. $78+3=81$) ve yanlış sonuçlu (Örn. $62+8=85$) olarak gelmekteydi. Bu görevde katılımcının yapması gereken sadece doğru sonuçlu toplama işleminin üzerine tıklayarak tepki vermek, yanlış sonuçlu toplama işlemlerine tepki vermemektir. Bu koşulda katılımcıların daha düşük puan alması beklenmekteydi.

HHT koşulunda ilk iki aşamada yani 90 denemede harf görevi, son aşamadaki 45 denemede toplama işlemi görevi gelmekteydi. İlk 90 denemede hem sağ hem de sol pencerede harf görevi, son 45 denemede her iki pencerede de toplama işlemi görevi gelmekteydi. Bu koşulda görev zorluğunun kolaydan zora değiştiği deneme 91.

denemedir. TTH koşulu, HHT koşulunun tam tersi olarak tasarlanmıştır. İlk iki aşamada her iki pencerede toplama işlemi görevi, son aşamada harf görevi gelmekteydi. Bu koşulda görev zordan kolaya değişmektedir, görev değişimin ilk gerçekleştiği deneme 91. denemedir. Katılımcıların 'B' harfine ya da yanlış sonuçlu toplama işlemine tepki vermeleri sonucunda bir şey olmamaktadır.



Şekil 5.2. Uyarıların Sunum Süresi ve Uyarılar Arası Süre. Hem sağ pencere hem de sol pencerede gelen uyarıların gösterilme süresi sunulmaktadır. Uyarılar katılımcılar tıklayana kadar ya da tıklamamaları durumunda 1200 ms ekranda kalmaktadırlar. Uyarılar arası süre 500 ile 2000 ms saniye arasında rastgele değişmektedir. Bu süreler, hem harf (sağ) hem de toplama işlemi (sol) uyarıları için sunulmuştur.

Görevi tamamladıktan sonra katılımcılardan Motivasyon Ölçeğini doldurmaları istenmiştir. Çalışmayı sonlandıktan sonra katılımlarından dolayı teşekkür edilmiş ve çalışmanın sonucu hakkında bilgi sahibi olmak isteyen katılımcıların iletişim bilgileri alınmıştır. Çift-görevli zamanlama görevi yaklaşık 30 dakika sürmüştür, bütün uygulama yaklaşık 50 dakika sürmüştür.

Deney kodu Python kodu ile yazılmış ve katılımcılara AGI aracılığıyla sunulmuştur. Deney sunumu için AGI kullanılırken denemelerin süresi ve uyarıların gelme süresini ayarlamakla ilgili sorunlar yaşanmıştır. AGI insan katılımcılar için kullanılırken zamanlama performansı açısından dikkat edilmesi gereken faktörler vardır (Bothell, 2020). Bu nedenle Python'da deney tasarımı yapılırken zamanlama için hassas bir modül (time.sleep) kullanılmıştır. Deneme süresini 13 saniyeye ayarlamak ve sol taraftaki görevin 7 saniye dolunca veya geçince gelmesi için kodda bunun için manipülasyonlar yapılmıştır. Deney, AMD Ryzen 5 3500U işlemciye sahip

HP markasının 255 G7 model bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Bilgisayarın ekran boyutu 15.6 inçtir. İşletim sistemi olarak Windows 10 tercih edilmiştir. Davranışsal deneylerde deneyin sunulduğu cihazın zamansal doğruluk ve çözünürlüğü oldukça önemlidir. Özellikle de zaman algısı deneylerinde cihazın zamansal çözünürlüğü ve zamanlama doğruluğu dikkat edilmesi gereken özelliklerdir. Bu nedenle çalışmada bilgisayarda uygulama yapılırken İyilikçi'nin (2019) bilgisayar temelli davranışsal deneylerde uyarıcı sunumu ve tepki zamanı kaydı sırasında zamanlama doğruluğunu arttırabilecek önerileri uygulanmaya çalışılmıştır. Zamanlama doğruluğunu arttırabilmek için aşağıdaki maddeler uygulanmıştır:

- Bilgisayardaki antivirüs yazılımı kaldırılmıştır.
- İşletim sisteminin kullanılmayan hizmetleri devre dışı bırakılmıştır.
- Bilgisayarda ağ bağlantısı kesilmiştir.
- İşletim sisteminde zamanlanmış görev bulunmamaktadır.
- Deney yazılımının işletim sistemindeki önceliği artırılmıştır.
- Programlama yapılırken hassas bir zamanlayıcı işlevi kullanılmıştır.

5.3.2. Modelin Çalıştırılması

Modelin çift-görevli zamanlama görevini yerine getirmesi için Taatgen ve diğerlerinin (2007) çalışmalarının birinci deneyi için hazırladıkları model kodu çalıştırılmıştır. Kod, Lisp programlama dilinde yazılmıştır. Model kodu Macintosh işletim sisteminde çalışan Macintosh Common Lisp'e uygun olarak yazıldığından Windows işletim sisteminde Allegro Common Lisp programında çalıştırmak için birkaç değişiklik yapılmış ve bu programda çalıştırmaya uygun hale getirilmiştir. Modelin eğitilmesi amacıyla model kodu 100 kere çalıştırılmıştır. Her dört koşuldaki 8 kişiyi temsilen bu işlem 8 kez tekrar edilmiştir. Model kodu deney ile aynı bilgisayar üzerinde çalıştırılmış ve kod çalıştırılırken de yukarıda sunulan zamansal doğruluğu arttırmaya yönelik işlemlere dikkat edilmiştir. Katılımcılar için deney kodu ve model kodu GitHub'da paylaşılmaktadır (<https://github.com/SBehiye/Dual-task-timing.git>).

ALTINCI BÖLÜM

BULGULAR

6.1. ARAŞTIRMA DESENİ VE ANALİZ

Çalışmadaki ANOVA, T Testleri, Regresyon ve betimsel analizler IBM SPSS versiyon 26 sosyal bilimler için istatistiksel veri analizi programı; Kök Ortalama Kare Hatası hesaplaması Python'ın (Versiyon 3.8) NumPy kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle katılımcılara ait yaş bilgileri, Beck Depresyon Envanteri ve Durumluk Kaygı Ölçeğinden aldıkları puanlar betimleyici analizler ile incelenmiştir.

Çalışmanın hipotezlerini test etmek amacıyla yapılan analizlerde ilk olarak verilerin dağılımı incelenmiştir. Verilerin dağılımını incelemek için çarpıklık ve basıklık değerleri hesaplanmıştır. Çarpıklık ve basıklık değerlerinin kendi standart sapmalarına bölümü ± 1.96 referans aralığında değerlendirilmiştir. Çalışmadaki analizlerin hepsinde anlamlılık düzeyi .05 olarak kabul edilmiştir.

Çalışmada öğrenme etkisini hem modelde hem de katılımcılarda test etmek amacıyla analizler yürütülmüştür. Aşamalar arasındaki zaman tahmini sapma değerlerinin ortalamasının değişip değişmediğini ve bu değişimin koşullar arasında görülüp görülmediğini test etmek amacıyla 4 (Koşullar: HHH, TTT, HHT ve TTH) x 3 (Aşamalar: Aşama 1, Aşama 2, Aşama 3) şeklinde karma desen oluşturulmuş ve analizi tekrarlı ölçüm içeren karma desen ANOVA (*split-plot ANOVA*, SPANOVA) ile yapılmıştır. Karma desen ANOVA, grup içi ve gruplar arası değişkenleri bir arada incelememize olanak sağlayan bir analiz türüdür (Pallant, 2017). Görev zorluğu/koşulları (LLL, AAA, LLA, AAL) bağımsız değişken ve gruplar arası faktörken aşamalar bağımsız değişken ve grup içi faktördür. Bağımlı değişken ise (koşullara ve aşamalara bağlı olarak değişebileceği tahmin edilen) zaman tahmini sapma değeridir. Karma desen ANOVA ile katılımcıların ve modelin, her bir koşul için aşamalarındaki zaman tahmini sapma değeri ortalamaları arasındaki fark incelenmiştir. Ayrıca koşullar arasında sapma değerleri açısından fark olup olmadığına bakılmıştır. Bu sayede katılımcıların ve modelin aşamalar ilerledikçe zaman tahmini performanslarının nasıl değiştiği test edilmiştir. Bunlara ek olarak kolay ve zor

görevlerdeki zaman tahmini performansını değerlendirmek amacıyla Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır.

Model ve insan verilerinin uyum iyiliklerini test etmek amacıyla hem R Kare (**R Squared**, R^2) hem de Kök Ortalama Kare Hatası (**Root Mean Square Error**, RMSE) değerlerine bakılmıştır. Bu iki değer, model uyumu için en çok tercih edilen ölçütlerdendir (Taatgen ve van Rijn, 2010). R^2 değeri, bir regresyon modelindeki bağımsız bir değişken veya değişkenler tarafından açıklanan bağımlı bir değişkene ilişkin varyansın oranını temsil eden istatistiksel bir ölçüttür. Regresyon analizinin önemli bir çıktısıdır ve bir modelin uyum iyiliğinin ölçüsü olarak kullanılır. R^2 değeri 0 ile 1 arasında değişir; 0 bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki varyansın hiçbirini açıklamadığını, 1 ise bağımsız değişkenin bağımlı değişkendeki varyansın tamamını açıkladığını gösterir. Başka bir deyişle, R^2 değeri 1'e ne kadar yakınsa, model verilere o kadar iyi uyuyor demektir. R^2 değeri aşağıda sunulan formül kullanılarak hesaplanır:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (3)$$

Formüldeki y katılımcı verilerini, \hat{y} değeri tahmin edilen y değerini yani model verilerini temsil etmektedir. \bar{y} ise, y değerlerinin (katılımcı verilerinin) aritmetik ortalamasına karşılık gelmektedir.

RMSE (Kök Ortalama Kare Hatası), bir tahmin modelinin doğruluğunu değerlendirmek için istatistik ve makine öğrenmesinde yaygın olarak kullanılan bir metriktir. Tahmin edilen değerler (bu çalışmada model verileri) ile gözlemlenen değerler (katılımcı verileri/davranışsal veriler) arasındaki hataların ortalama büyüklüğünü ölçer. RMSE değeri sıfıra ne kadar yakınsa bu değerler birbirine o kadar benzerdir. RMSE, tahmin edilen ve gerçek değerler arasındaki karesel farkların ortalamasının karekökü alınarak hesaplanır. RMSE değeri şu formül kullanılarak hesaplanır:

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}}{N-P} \dots\dots\dots (4)$$

Formüldeki \hat{y} değeri R^2 formülünde olduğu gibi tahmin edilen y değerini yani model verilerini temsil etmektedir. P , sabit değer de dahil olmak üzere tahmin edilen parametre sayısıdır ve N veri sayısıdır. R^2 ve RMSE değerleri ACT-R bilişsel

mimarisinin davranışsal verileri ne kadar iyi yordadığını istatistiksel olarak test etmek amacıyla incelenmiştir.

Uyum istatistiklerine ek olarak model ve davranışsal verileri arasındaki uyuma bakmak amacıyla 3 (aşamalar: aşama 1, aşama 2, aşama 3) x 2 (insan, model) karma desen ANOVA yapılmıştır. Görev değişimiyle ilgili HHT ve TTH koşullarında görevin değiştiği deneme olan 91. denemenin tıklama dağılımları sunulmuş ve bu iki koşul için karşılaştırılmıştır. Bütün bu analiz ve değerlendirmelerin sonuçları bir sonraki bölüm olan bulgularda sunulmaktadır.

6.2. BULGULAR

Bu bölümde çalışmanın hipotezlerini test etmek amacıyla yapılan davranışsal veriler ve model verilerinin analiz sonuçları ve çalışmadan elde edilen betimsel istatistikler sunulacaktır.

6.2.1. Betimsel İstatistikler

Asıl çalışmadan önce yapılan pilot çalışmaya 17 katılımcı dahil edilmiştir. Pilot çalışmaya dahil edilen katılımcıların yaşları örneklem grubuna benzer şekilde 21 ile 33 arasında değişmektedir ($\bar{x} = 27.29$, $SS = 4.674$).

Çalışmaya 32 katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcıların yaşları 20 ile 33 arasında değişmektedir ($\bar{x} = 24.75$, $SS = 3.574$). Örneklem tamamı kadın katılımcılardan oluşmaktadır. Dahil edilen katılımcıların koşullara göre yaş ortalamaları Tablo 6.1.'de sunulmaktadır.

Tablo 6.1. Koşullara Göre Yaş Ortalamaları

Koşullar	N	Yaş Ortalaması	SS
HHH	8	24.62	2.973
TTT	8	23.88	4.290
HHT	8	25.75	3.807
TTH	8	24.75	3.576
Toplam	32	24.75	3.574

Mevcut çalışmada katılımcı bilgi formu, BDE ve DKÖ dahil etme ve dışlama kriterlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır. Beck Depresyon Envanterinden

19 üzeri puan alan katılımcılar ve Durumluk Kaygı Ölçeğinden 40 üzeri puan alan katılımcıların verileri analize dahil edilmemiştir. Bu kriterlere göre verileri analize dahil edilen katılımcıların bu ölçeklere ilişkin bulguları incelendiğinde katılımcıların BDE'den ortalama 9.88 puan aldıkları, DKÖ ölçeğinden ortalama 32.59 puan aldıkları görülmektedir. Tablo 6.2.'de katılımcıların bu ölçeklerden aldıkları en küçük puan, en büyük puan ve ortalama puanları sunulmaktadır.

Tablo 6.2. Beck Depresyon Envanteri (BDE) ve Durumluk Kaygı Ölçeğinden (DKÖ) Alınan Puanların Ortalamaları

	N	minimum	maksimum	Ort. (SS)
BDE	32	1	19	9.88 (4.478)
DKÖ	32	22	39	32.59 (5.253)

Ölçekler incelendiğinde DKÖ'den alınan puanların yüksek olduğu, BDE'den alınan puanların DKÖ'ye göre daha düşük olduğu görülmüştür.

6.2.2. Analiz Sonuçları

Çalışmada, katılımcıların ve modelin zaman tahminlerinin doğruluğu test edilmiştir. Bu, tıklama zamanlarının standart zaman aralığından (7 saniye) ne kadar saptığı hesaplanarak elde edilmiştir. Hesaplama işleminde tıklama zamanından 7 saniye çıkarılmış ve bu farkın mutlak değeri kaydedilerek zaman tahmini sapma değeri elde edilmiştir. Bu sapma değeri ne kadar azsa zaman tahmininin o kadar doğru olduğu anlamına gelmektedir. Burada dikkat edilen katılımcıların ve modelin tıklama zamanlarının standart zaman aralığından eksi ya da artı değer fark etmeksizin ne kadar saptığıdır. Zaman tahmini sapma değeri milisaniye olarak sunulmuştur. Model çalıştırıldıktan sonra çıktı olarak tıklama zamanlarındaki sapmanın mutlak değeri olarak ortalaması ve aritmetik ortalama değerleri ayrı olarak elde edilmektedir. Tablo 6.3.'te modelin her sekiz çalıştırma için çıktıları (milisaniye olarak) sunulmaktadır.

Tablo 6.3. Modelin Sapma Değerlerinin Mutlak Değer Olarak Ortalama Değerleri ve Aritmetik Ortalama Değerleri

Çalıştırmalar	Aşamalar	HHH		TTT		HHT		TTH	
		Ort.	Mutlak	Ort.	Mutlak	Ort.	Mutlak	Ort.	Mutlak
Çalıştırma 1	Aşama 1	385,23	1913,94	731,99	1984,72	312,94	1856,73	706,42	2068,14
	Aşama 2	532,68	1586,07	538,55	1580,61	383,30	1466,63	659,88	1614,29
	Aşama 3	810,66	1531,35	623,61	1359,03	854,88	1460,86	458,27	1423,59
	Ortalama	576,19	1677,12	631,38	1641,45	517,04	1594,74	608,19	1702,01
Çalıştırma 2	Aşama 1	426,58	1891,25	700,38	2003,58	384,69	1917,77	760,99	2100,86
	Aşama 2	451,28	1516,81	567,83	1573,43	439,55	1569,70	667,16	1668,06
	Aşama 3	643,33	1421,45	572,75	1376,21	849,96	1484,86	466,64	1384,81
	Ortalama	507,06	1609,84	613,65	1651,071633	558,07	1657,44	631,60	1717,91
Çalıştırma 3	Aşama 1	466,53	1901,00	677,26	1962,63	419,22	1951,72	735,81	2038,41
	Aşama 2	473,78	1503,32	536,16	1562,39	425,86	1515,50	651,15	1623,76
	Aşama 3	603,64	1415,56	518,59	1384,76	823,32	1454,89	366,44	1345,37
	Ortalama	514,65	1606,63	577,33	1636,59	556,14	1640,70	584,47	1669,18
Çalıştırma 4	Aşama 1	446,59	1946,31	724,26	1971,05	396,97	1901,89	682,02	2051,16
	Aşama 2	517,33	1531,04	594,96	1600,19	379,09	1519,88	588,16	1665,37
	Aşama 3	626,31	1454,51	646,98	1463,46	861,35	1467,79	409,49	1453,03
	Ortalama	530,08	1643,95	655,40	1678,24	545,81	1629,85	559,89	1723,19
Çalıştırma 5	Aşama 1	351,88	1855,84	797,87	2126,48	436,41	1925,84	814,95	2118,70
	Aşama 2	387,89	1489,86	713,91	1681,64	432,93	1564,60	753,76	1753,60
	Aşama 3	562,48	1397,01	756,85	1464,46	781,13	1454,56	596,54	1461,13
	Ortalama	434,08	1580,90	756,21	1757,53	550,16	1648,33	721,75	1777,81
Çalıştırma 6	Aşama 1	343,38	1873,21	789,24	2046,01	383,67	1914,81	651,66	2018,08
	Aşama 2	439,93	1489,67	701,56	1681,51	395,64	1492,89	649,16	1648,01
	Aşama 3	626,97	1416,62	675,31	1486,03	796,01	1410,82	435,70	1379,89
	Ortalama	470,09	1593,17	722,04	1737,85	525,11	1606,17	578,84	1681,99
Çalıştırma 7	Aşama 1	405,95	1877,39	753,56	2051,94	369,80	1902,25	707,28	2040,55
	Aşama 2	337,34	1520,87	583,86	1611,84	304,47	1478,80	686,76	1639,45
	Aşama 3	516,22	1432,58	551,57	1383,98	695,76	1403,74	497,41	1459,01
	Ortalama	419,84	1610,28	629,67	1682,59	456,68	1594,93	630,48	1713,00
Çalıştırma 8	Aşama 1	371,85	1872,87	721,60	2055,81	372,18	1842,22	676,71	2031,61
	Aşama 2	448,17	1563,28	591,99	1624,89	404,43	1466,18	613,04	1586,77
	Aşama 3	591,92	1431,64	689,32	1477,57	732,57	1377,39	435,92	1378,82
	Ortalama	470,65	1622,60	667,64	1719,42	503,06	1561,93	575,22	1665,73

Çalışmanın hipotezlerini test etmek amacıyla analizler yapılmadan önce verilerin dağılımı incelenmiştir. Katılımcı ve model verilerin dağılımı için basıklık (**kurtosis**) ve çarpıklık (**skewness**) değerlerine bakılmıştır. Katılımcıların zaman tahmini sapma değeri verilerinin çarpıklık değeri 0.156, basıklık değeri 0.733 olarak bulgulanmıştır. Modelin zaman tahmini sapma değeri verilerinin çarpıklık değeri 0.561, basıklık değeri ise -0.672 olarak bulgulanmıştır. Çarpıklık ve basıklık değerlerinin standart sapmalarına bölümünün ± 1.96 referans değer aralığında olup olmadığı değerlendirilmiştir ve bütün çarpıklık ve basıklık değerlerinin bu referans değer aralığında yer aldığı görülmüştür. Buna göre hem davranışsal verilerin hem de model verilerinin normal dağılım sergilediği görülmektedir. Model ve katılımcıların

zaman tahmini sapma değeri çarpıklık ve basıklık değerlerinin aşamalara göre dağılımı Tablo 6.4.'te sunulmaktadır

Tablo 6.4. Katılımcı ve Model Zaman Tahmini Sapma Değerlerinin Çarpıklık ve Basıklık Değerlerinin Aşamalara Göre Dağılımı

Aşamalar	Katılımcı		Model	
	Çarpıklık	Basıklık	Çarpıklık	Basıklık
Aşama 1	0.006	0.300	0.253	-1.172
Aşama 2	0.507	0.264	0.392	-0.421
Aşama 3	0.411	0.329	0.099	-0.536
Toplam	0.156	0.733	0.561	-0.672

6.2.2.1. Davranışsal Verilere İlişkin Bulgular

Katılımcıların zaman aralığını öğrenme performansı, farklı görev zorluklarındaki zaman tahmini ve görev zorluğu değiştiğinde zaman tahmini performanslarını değerlendirmek amacıyla yürütülen analizler ve hesaplamaların sonuçları sunulmaktadır.

H1.a: Katılımcılar, zaman aralığını tahmin etmede giderek daha iyi performans göstereceklerdir.

H1.a. hipotezine göre katılımcıların zaman aralığını öğrenerek zaman tahminlerinin aşamalar ilerledikçe daha doğru olması beklenmektedir. Koşullar bazlı aşamalar arasında zaman tahmini sapma değeri ortalamaları açısından fark olup olmadığını test etmek amacıyla 4x3 karma desen ANOVA yürütülmüştür. Koşullardaki sapma değeri ortalamalarına bakıldığında; HHH koşulunda ortalama sapma değeri $\bar{x} = 1882.89$ (SS = 839.111), TTT koşulunda $\bar{x} = 1795.27$ (SS = 777.406), HHT koşulunda $\bar{x} = 1674.58$ (SS = 1022.50), TTH koşulunda $\bar{x} = 1964.70$ (SS = 483.201) olarak hesaplanmıştır. Koşulların her bir aşamasındaki ortalama sapma değerleri Tablo 6.5.'te sunulmuştur.

Tablo 6.5. Katılımcıların Dahil Oldukları Koşullarda Her Bir Aşama için Zaman Tahmini Sapma Değeri Ortalamaları

Koşullar	N	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Toplam
		Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)
HHH	8	2005.33 (841.498)	1889.25 (895.131)	1744.09 (864.954)	1882.89 (839.111)
TTT	8	1806.81 (804.226)	1834.67 (737.435)	1744.33 (888.970)	1795.27 (777.406)
HHT	8	1908.94 (1061.29)	1442.842 (1034.16)	1671.97 (1056.05)	1674.58 (1022.50)
TTH	8	1966.69 (439.621)	1966.68 (479.530)	1960.72 (586.463)	1964.70 (483.201)

Tablo 6.5.’teki ortalama değerlere bakıldığında HHH koşulu için sapma değerlerinin aşamalar arasında giderek azaldığı görülmektedir. Buna göre katılımcıların zaman tahminleri aşamalar ilerledikçe standart zaman aralığına (7 s) daha yakın olmaktadır. Buradan yola çıkarak katılımcıların aşamalar ilerledikçe daha doğru zaman tahmini yaptıkları söylenebilir. TTT koşuluna baktığımızda ise birinci aşama ile ikinci aşama arasında fark olduğu fakat bu farkın tam tersi şekilde olduğu görülmektedir. Beklenenin tersine ikinci aşamadaki ortalama sapma değerleri, birinci aşamadan yüksektir. Üçüncü aşamada ise ortalama sapma değerlerinin hem birinci hem de ikinci aşamadan daha az olduğu görülmektedir.

HHT koşulunda üç farklı aşamadaki zaman tahmini sapma değeri ortalamalarına bakıldığında ise katılımcıların harf görevini (kolay görev) içeren ilk iki aşamada giderek daha doğru zaman tahmini yaptıkları görülmektedir. Üçüncü aşamada ise zor görev olan toplama işlemi görevi geldiği için zaman aralığı tahmini doğruluklarının azaldığı ve sapma değerlerinin standart zaman aralığı olan 7 saniyeden daha çok saptığı görülmektedir. Aşama 1 ve Aşama 2’de zaman tahminlerinin giderek iyileştiği görülmektedir. TTH koşuluna bakıldığında ise zor görev olan ilk iki aşamada sapma değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Üçüncü aşama olan kolay görevdeyse zaman tahmininin yine diğer iki aşamadaki zaman tahmini ortalamalarından daha az olduğu fakat bu iki aşamadaki ortalama değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir. HHT’deki kolay (Aşama 1 ve Aşama 2) ve zor görevlerdeki (Aşama 3) ortalama sapma değerleri arasındaki fark, Dikkat Kapısı Modelinin görev zorlukları değiştikçe zaman tahmininin değişeceğine yönelik

tahminini doğrulayan bir bulguyken TTH’de kolay ve zor görevler arasındaki ortalama değerler arasındaki fark bunu doğrulamamaktadır.

Ortalamalar arasında bahsedilen bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla karma desen ANOVA sonuçlarına bakmak gereklidir. Koşullar gruplar arası faktör, aşamalar ise grup içi faktör olarak ele alınmıştır. Yürütülen bu varyans analizinde görev zorluğunu belirten koşullar ile aşamalar arasında anlamlı bir etkileşim bulunmamıştır, Wilks’ Lambda = 0.74, $F(6, 54) = 1.44$, $p = .22$, $\eta^2 = 0.14$. Aşama faktörü için ana etki saptanmamıştır, Wilks’ Lambda = 0.87, $F(2, 27) = 2.01$, $p = .15$, $\eta^2 = 0.13$. Koşullar arası etki incelendiğinde de anlamlı bir fark olmadığı bulgulanmıştır, $F(3, 28) = 0.20$, $p = 0.90$, $\eta^2 = 0.02$. Karma desen ANOVA sonuçları Tablo 6.6.’da sunulmaktadır. Yapılan değerlendirmeler ve yürütülen istatistiksel analizler sonucunda H1.a hipotezi doğrulanmamıştır.

Tablo 6.6. Katılımcı Verilerinin Karma Desen ANOVA Sonuçları

	Wilks' Lambda	F	p	η^2
Koşul x Aşamalar	0.74	1.44	.22	0.14
Koşullar	-	0.20	.90	0.02
Aşamalar	0.87	2.01	.15	0.13

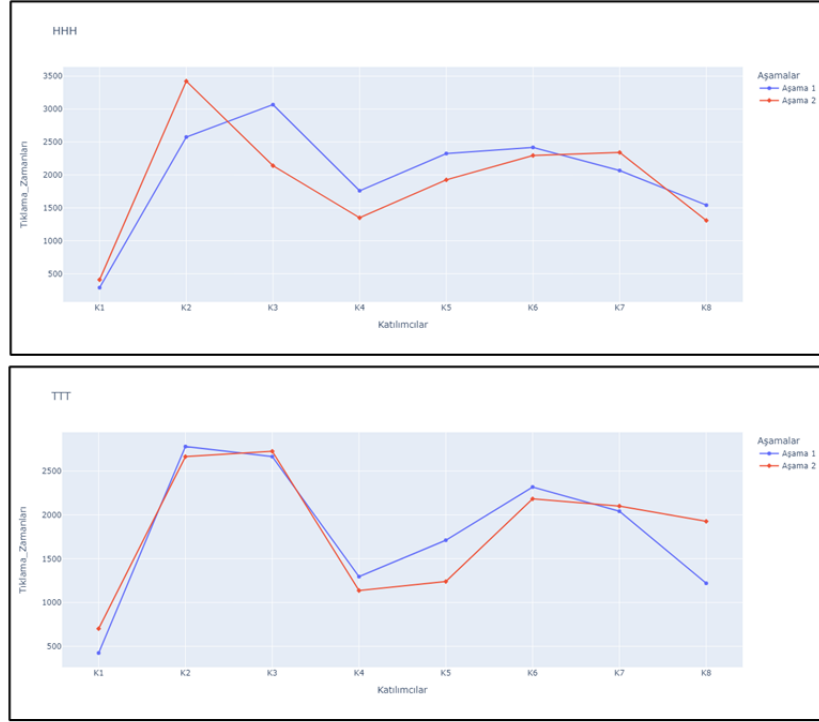
H2.a: Katılımcıların kolay bir görevi ve zor bir görevi yaparken zaman aralığı tahminleri farklı olacaktır.

Katılımcıların kolay ve zor görevleri yerine getirirken zaman tahmini performanslarını değerlendirmek amacıyla ilk olarak koşullar arasında karşılaştırma yapılmış ve HHH koşulu ile TTT koşulu karşılaştırılmıştır. HHH koşulunda bütün aşamalar kolay görev, TTT koşulunda bütün aşamalar zor görevdir. İki koşuldaki sapma değerlerinin ortalaması arasında ikili karşılaştırma yapmak amacıyla bakılan Bonferroni düzeltmesi yapılmıştır. Bunun sonucunda HHH koşulundaki sapma değerleri (Ort. = 1862.73, SS = 797.94) ile TTT koşulundaki sapma değerleri (Ort. = 1752.50, SS = 853.86) arasında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir ($p = 1$). HHH

koşulu ile TTT koşulu arasındaki zaman tahmini sapma değeri farkı 87.621 milisaniyedir.

HHT koşulunda kolay görev olan ikinci aşamadaki sapma değerleri (Ort. = 1442.84, SS=1034.17) ile zor görev olan üçüncü aşamadaki sapma değerlerini (Ort. = 1671.97, SS = 1056.05) ikili olarak karşılaştırmak amacıyla yapılan Bonferroni düzeltmesi sonucunda kolay görev ve zor görev zaman tahmini sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p = .36$). HHT koşulunda ikinci aşama ile üçüncü aşama arasındaki fark -229.13 milisaniyedir ve buna göre kolay görev olan aşamadaki zaman tahmini sapma değeri ortalamaları, zor görev olan aşamadakinden kısadır. TTH koşulunda ise ikinci aşama olan zor görevdeki sapma değerleri (Ort. = 1966.67, SS = 479.53) ile üçüncü aşama olan kolay görevdeki zaman tahmini sapma değeri (Ort. = 1960.72, SS = 586.46) ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p = 1$). TTH koşulunda ikinci aşamadaki harf görevi ve üçüncü aşamadaki tıklama işlemi görevleri arasındaki fark 5.96 milisaniye olarak bulunmuştur. İki aşama arasındaki zaman tahmini sapma değeri ortalamalarının farkı oldukça küçüktür. Yürütülen istatistiksel analizler sonucunda H2.a hipotezinin doğrulanmadığı görülmektedir. Katılımcı verilerinin HHH ve TTT koşullarındaki sapma değeri dağılımları Şekil 6.1.'de sunulmaktadır.

Katılımcı Verileri



Şekil 6.1. Katılımcıların HHH ve TTT Koşullarının Birinci ve İkinci Aşamasındaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılımlarının Grafikleri. Üstte HHH koşulu için zaman tahmini sapma değeri dağılımları, altta TTT koşulu için zaman tahmini sapma değeri dağılımları bulunmaktadır. Grafiklerdeki mavi eğri Aşama 1’i; kırmızı eğri ise Aşama 2’yi temsil etmektedir. Grafiğin y eksenini sapma değerlerini, x eksenini katılımcıları belirtmektedir.

Şekil 6.1.’deki HHH koşulunda genel olarak iki aşamadaki sapma değerleri eğrilerinin örtüştüğü görülmektedir. TTT koşulunda da benzer bir örtüşme görülmektedir. Buna göre insan katılımcıların birinci ve ikinci aşamadaki tıklamaları zamanlarının oldukça benzer olduğu ve dolayısıyla tıklama zamanlarındaki sapmanın en azından ilk 90 denemede benzer olduğu görülmektedir. Grafik üzerinden yapılan bu çıkarım, istatistiksel analizler ile doğrulanmıştır.

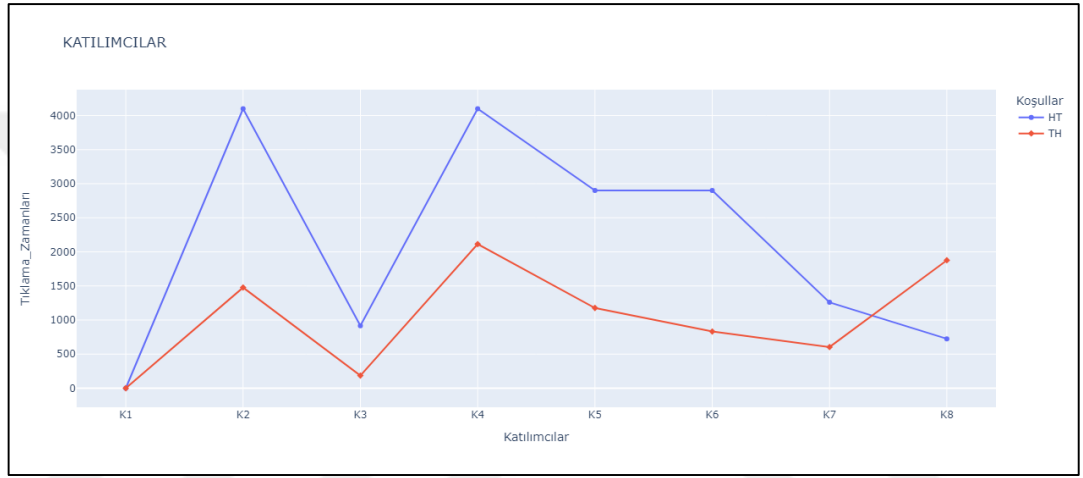
H3.a: Katılımcılar, kolay görevden sonra zor görevi yaparken zaman aralığını olduğundan uzun tahmin edeceklerdir.

H4.a: Katılımcılar, zor görevden sonra kolay görevi yaparken zaman aralığını olduğundan daha kısa tahmin edeceklerdir.

Dikkat Kapısı Modeline göre görev zorluğu değişiminden sonra zaman tahminleri farklılaşmaktadır. Modele göre kolay görevden sonra zor görevi yerine getirirken akümülatördeki tikleri güncellenenin zorluğundan kaynaklı görevler arası geçişte zaman tahminleri açısından fark olması beklenmemektedir. HHT ve TTH koşullarında iki farklı zorluğa sahip (kolay-görev) ikinci ve üçüncü aşamadaki sapma değerleri karşılaştırılmıştır. İki görev arasındaki geçişi detaylı incelemek amacıyla ikinci ve üçüncü aşamalar arasındaki sapma değer ortalamalarını karşılaştırmak için Bağımlı Gruplar T Testi yapılmıştır. HHT koşulunda kolay görev ve zor görev sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır, $t(7) = -2.01$, $p = 0.09$ ($p > .05$). Bu koşuldaki aşamalar arası sapma değeri ortalamalarındaki farkın büyüklüğü küçük bulunmuştur (Cohen's $d = 0.22$). TTH koşulu için iki aşamadaki sapma değerlerinin ortalaması arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır, $t(7) = 0.03$, $p = 0.98$ ($p > .05$). Bu koşuldaki aşamalar arası sapma değeri ortalamalarındaki farkın büyüklüğü küçük bulunmuştur (Cohen's $d = 0.01$). İki aşama sapma değeri ortalamalarının farkı oldukça küçüktür.

H3.a ve H4.a hipotezlerini test etmek amacıyla katılımcıların HHT ve TTH koşullarının 91. denemesindeki sapma değerleri incelenmiştir ve katılımcıların 91. denemedeki sapma değerlerinin dağılımı Şekil 6.2.'deki grafikten incelenebilmektedir. Grafığe bakıldığında kolay görevden zor göreve geçişin olduğu HHT koşuluna ait eğrinin (mavi eğri) daha üstte yer aldığı görülmektedir. Çalışmanın sonucundan beklendiği üzere kolay görevden (H) zor göreve (T) geçişin olduğu ilk deneme olan 91. denemede zaman tahmini yapmak için daha geç tıklanmıştır. Bu koşuldaki 90. denemeye ait zaman tahmini sapma değeri ortalaması ile 91. denemeye ait zaman tahmini sapma değeri ortalaması arasındaki fark da bu çıkarımı desteklemektedir. 90. denemedeki harf görevinin zaman tahmini sapma değeri ortalaması ile 91. denemede toplama işleminin zaman tahmini sapma değeri ortalaması arasındaki fark negatiftir (-943.30). TTH koşuluna ait eğriye (kırmızı eğri) baktığımızda ise grafiğin alt kısmında yer aldığı görülmektedir. Bunun sebebi TTH koşulunda zor görevden kolay göreve geçişte katılımcılar, tam tersi durumun olduğu HHT koşuluna göre zaman tahmini için butona daha erken tıklamışlardır. TTH koşulunda, 90. denemedeki zaman tahmini sapma değeri ortalaması ile 91. denemedeki zaman tahmini sapma değeri ortalaması arasındaki farkın pozitif olması

da grafikten yola çıkarak yapılan bu çıkarımı desteklemektedir. 90. denemedeki toplama işlemi görevlerindeki zaman tahmini sapma değeri ortalaması ile 91. denemedeki harf görevlerindeki zaman tahmini sapma değeri ortalaması arasındaki fark 835.24 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak kolay ve zor görevler arasında anlamlı bir fark bulunamamış, fakat yapılan çıkarımlar ve elde edilen bulgular H3.a ve H4.a hipotezlerini doğrulamaktadır.



Şekil 6.2. Katılımcıların 91. Denemedeki Zaman Tahmini Sapma Değerlerinin Dağılımı. Bu grafikte, katılımcıların 91. denemedeki sapma değeri dağılımları yer almaktadır. Mavi eğri HHT koşulunu, kırmızı eğri TTH koşulunu temsil etmektedir. Tıklama zamanları milisaniye cinsinden sunulmuştur.

6.2.2.2. Model Verilerine İlişkin Bulgular

Bu kısımda modele ilişkin test edilen hipotezlerin sonuçları sunulmaktadır.

H1.b.: Model, zaman aralığını tahmin etmede giderek daha iyi bir performans gösterecektir.

H1.b. hipotezine göre modelin zaman aralığını öğrenerek zaman tahmini performansının aşamalar ilerledikçe daha iyi olması beklenmektedir. Davranışsal veriler için yürütülen analizin birebir aynısı model verileri için tekrarlanmış ve 4x3 karma desen ANOVA yürütülmüştür. Koşullardaki zaman tahmini sapma değeri ortalamalarına bakıldığında; HHH koşulunda ortalama zaman tahmini sapma değeri $\bar{x} = 1618.06$ (SS = 30.33), TTT koşulunda $\bar{x} = 1688.09$ (SS = 45.68), HHT koşulunda $\bar{x} = 1706.35$ (SS = 32.68), TTH koşulunda $\bar{x} = 1616.76$ (36.28) olarak hesaplanmıştır.

Koşulların her bir aşamasındaki ortalama sapma değerleri Tablo 6.7.'de sunulmaktadır.

Tablo 6.7. Modelin Farklı Görev Koşullarında Her Bir Aşama için Zaman Tahmini Sapma Değeri Ortalamaları

Koşullar	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Toplam
	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)	Ort. (SS)
HHH	1891.48 (28.663)	1525.11 (34.367)	1437.59 (41.350)	1618.06 (30.33)
TTT	2025.28 (55.156)	1614.56 (46.090)	1424.44 (52.858)	1688.09 (45.68)
HHT	1901.65 (36.007)	1509.27 (40.947)	1439.36 (37.295)	1706.35 (32.68)
TTH	2058.44 (35.150)	1649.915 (49.817)	1410.71 (44.304)	1616.76 (36.28)

Modelin farklı koşullardaki sapma değeri ortalamalarına bakıldığında modelin bütün koşullardaki sapma değerlerinin aşamalar arasında giderek düştüğü ve daha doğru tahmin yapıldığı görülmektedir. Çalışmanın amacına göre öğrenme etkisinin HHH ve TTT koşullarının bütün aşamalarında görülmesi ve dolayısıyla sapma değerlerindeki düşüşün sadece bu iki koşulda görülmesi beklenmektedir. HHT ve TTH koşulunda ilk ilki aşama arasında ortalamalar arasında düşüş olması üçüncü aşamada bu düşüşün görülmemesi beklenmektedir. Fakat ortalamalara bakıldığında beklenenin aksine görevler arası geçişte ortalamalar açısından fark olmadığı görülmüştür.

Ortalamalar arasında bahsedilen bu farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek amacıyla karma desen ANOVA sonuçlarına bakılmıştır. Koşullar ile aşama arasında anlamlı bir etkileşim gözlenmiştir, Wilks' Lambda = 0.14, $F(6, 54) = 15.25$, $p = .00$, $\eta^2 = 0.63$. Aşama faktörleri için ana etki saptanmıştır, Wilks' Lambda = 0.005, $F(2, 27) = 2828.82$, $p = .00$, $\eta^2 = 0.995$. Eta kare değeri için Cohen'in ölçütleri referans alındığında (Cohen 1988, s. 284 – 287) büyük bir etkiye işaret etmektedir. Buna göre aşamalar arasında sapma değerleri açısından anlamlı bir farklılık mevcuttur. Bu bulgu bize modelin zaman aralığı öğrenme performansı hakkında bilgi vermektedir ve H1.b hipotezini doğrulamaktadır. Koşullar arası etki incelendiğinde de anlamlı bir fark olduğu görülmüştür, $F(3, 28) = 12.94$, $p = 0.00$, $\eta^2 = 0.58$. Karma desen ANOVA sonuçları Tablo 6.8.'de sunulmaktadır.

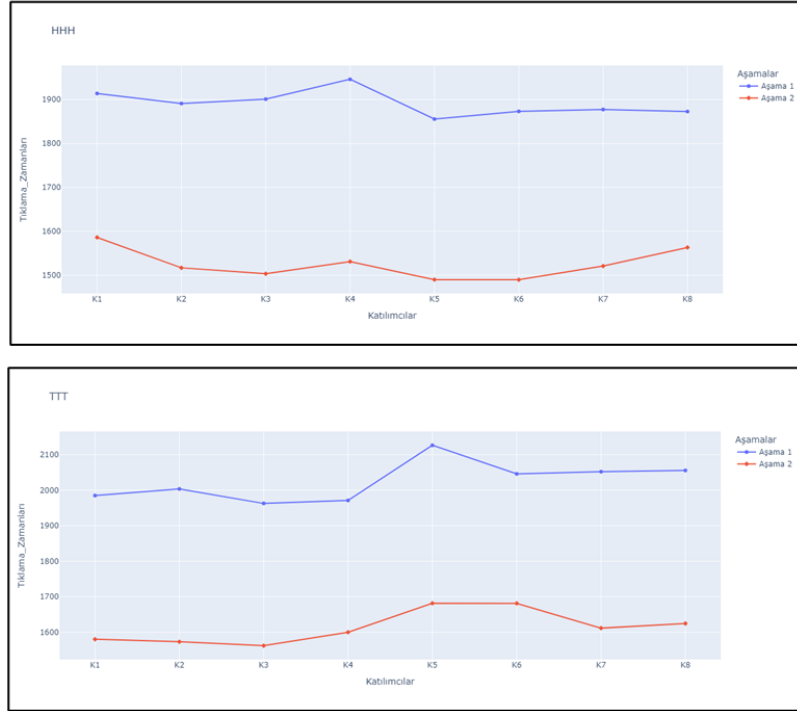
Tablo 6.8. Model Verilerinin Karma Desen ANOVA Sonuçları

	Wilks' Lambda	F	p	η^2
Koşul x Aşamalar	0.14	15.25	.00*	0.63
Koşullar	-	12.94	.00*	0.58
Aşamalar	0.005	2828.82	.00*	.995

**Ortalamalar anlamlıdır.*

HHH ve TTT koşullarında, zaman aralığı öğrenme etkisi en net şekilde ilk iki aşama arasındaki sapma değerlerine bakılarak görülebilmektedir. Şekil 6.3.'de model verilerin bu iki koşulun birinci ve ikinci aşamalarındaki zaman tahmini sapma değeri dağılımları sunulmaktadır. Modelin bu iki aşamadaki zaman tahmini sapma değeri dağılımlarına baktığımızda her iki koşul için de birinci aşama tıklamalarının daha yukarıda yer aldığı ve ikinci aşamada daha aşağıda yer aldığı görülmektedir. Buradan yola çıkarak ilk aşamada zaman tahmini performansı daha kötüyken ikinci aşamada zaman tahmini performansının iyileştiği çıkarımı yapılabilir. Bu çıkarım ANOVA sonuçlarını destekler niteliktedir.

Model



Şekil 6.3. Modelin HHH ve TTT Koşullarının Birinci ve İkinci Aşamadaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılımlarının Grafikleri. Üstte HHH koşulu için zaman tahmini sapma değeri dağılımları, altta TTT koşulundaki zaman tahmini sapma değeri dağılımları bulunmaktadır. Grafiklerdeki mavi eğri Aşama 1’i; kırmızı eğri ise Aşama 2’yi temsil etmektedir. Grafiğin y eksenini sapma değerlerini, x eksenini çalışma sayısını belirtmektedir.

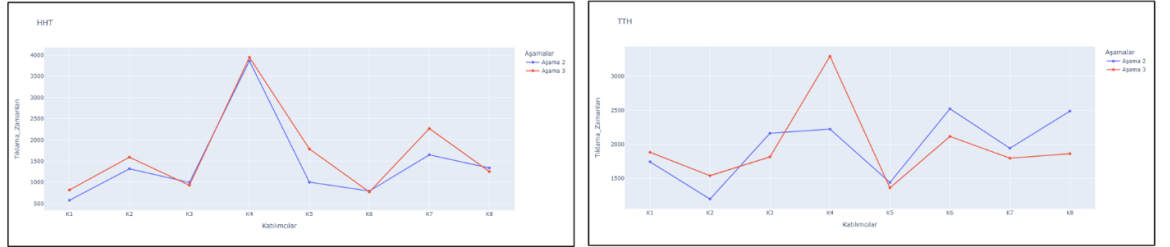
H2.b: Modelin kolay bir görevi ve zor bir görevi yaparken zaman aralığı tahminleri farklı olacaktır.

Modelin kolay ve zor görevleri yerine getirirken zaman tahmini performanslarını karşılaştırmak amacıyla HHH koşulu ile TTT koşulu zaman tahmini sapma değeri ortalamaları ikili olarak değerlendirilmiştir. İki koşuldaki sapma değerlerinin ortalaması arasında istatistiksel bir fark olup olmadığına bakmak amacıyla Bonferroni düzeltmesi uygulanmıştır. Bu karşılaştırma dışında görev zorluğu açısından fark olup olmadığını test etmek amacıyla HHT ve TTH koşullarının ikinci ve üçüncü aşamalarındaki sapma değerleri karşılaştırılmıştır. HHH (Ort. = 1648.85, SS = 187.33) ve TTT (Ort. = 1644.44, SS = 233.43) koşulları arasında sapma değerleri

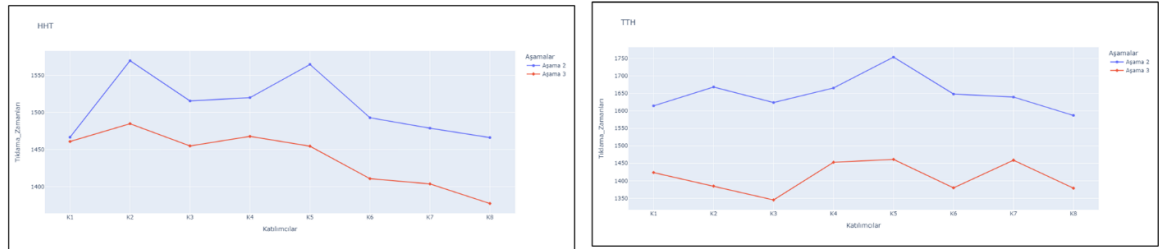
açısından anlamlı bir fark olduğu bulgulanmıştır ($p < .001$). HHT koşulu ile TTT arasındaki zaman tahmini sapma değeri farkı -70.03 milisaniyedir.

HHT koşulunda kolay görev olan ikinci aşamadaki sapma değerleri (Ort. = 1509.27, SS=40.95) ile zor görev olan üçüncü aşamadaki sapma değerlerine (Ort. = 1439.36, SS = 37.30) dair ikili karşılaştırma için yapılan Bonferroni düzeltmesi sonucunda kolay görev ve zor görev zaman tahmini sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir ($p < .001$). HHT koşulunun ikinci ve üçüncü aşamadaki görevleri arasındaki fark 69.910 milisaniyedir. TTH koşulunda ise ikinci aşama olan zor görevdeki sapma değerleri (Ort. = 1629.92, SS=49.82) ile üçüncü aşama olan kolay görevdeki zaman tahmini sapma değeri ortalamaları (Ort. = 1410.71, SS=44.30) arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir ($p < .001$). TTH koşulunda ikinci ve üçüncü aşama işlemi görevleri arasındaki fark 239.21 milisaniye olarak bulunmuştur. Davranışsal veriler ve model verilerinin HHT ve TTH koşullarının ikinci ve üçüncü aşamalarındaki zaman tahmini sapma değeri dağılımları Şekil 6.4.'te sunulmaktadır.

Katılımcılar



Model



Şekil 6.4. HHT ve TTH Koşullarının İkinci ve Üçüncü Aşamalarındaki Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılım Grafikleri. Şeklin üst tarafında katılımcıların sapma değeri dağılımları, alt tarafında ise modelin sapma değeri dağılımları yer almaktadır. Sol tarafta HHT koşulunun, sağ tarafta ise TTH koşulunun grafikleri bulunmaktadır. Mavi eğri Aşama 2'yi, kırmızı eğri Aşama 3'ü temsil etmektedir.

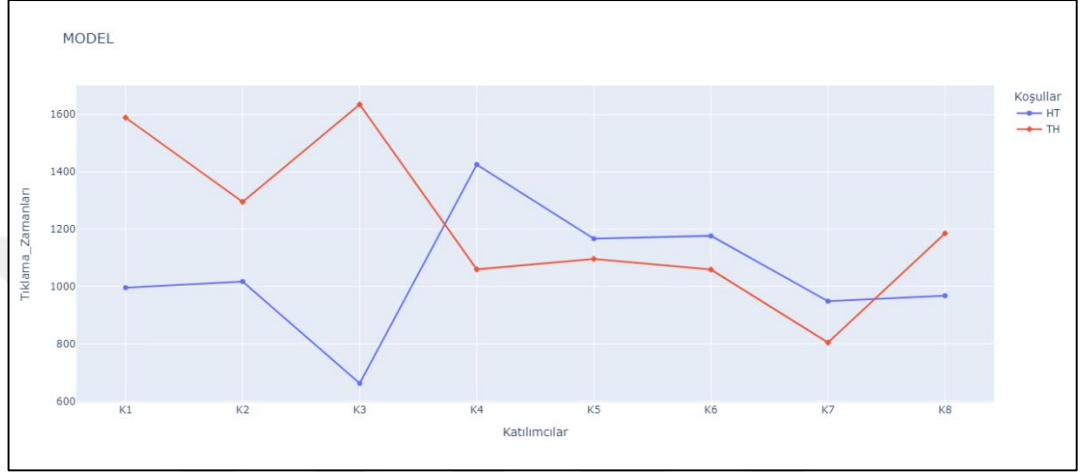
H3.b: Model, kolay görevden sonra zor görevi yaparken zaman aralığını olduğundan uzun tahmin edecektir.

H4.b: Model, zor görevden sonra kolay görevi yaparken zaman aralığını olduğundan daha kısa tahmin edecektir.

Zorluk düzeyi farklı iki görev arasındaki geçişi detaylı incelemek için HHT ve TTH koşulunda kolay görev olan ikinci aşama ile zor görev olan üçüncü aşamayı karşılaştırmak için yapılan Bağımlı Gruplar T Testi yapılmıştır. HHT koşulunda kolay görev ve zor görev sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır, $t(7) = 6.306$, $p = .00$ ($p < .05$). Bu koşuldaki aşamalar arası sapma değeri ortalamalarındaki farkın büyüklüğü küçük bulunmuştur (Cohen's $d = 1.785$). TTH koşulunda ise ikinci aşama olan zor görev ile üçüncü aşama olan kolay görevdeki sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır, $t(7) = 14.78$, $p = 0.00$ ($p < .05$). Bu koşuldaki aşamalar arası sapma değeri ortalamalarındaki farkın büyüklüğü küçük bulunmuştur (Cohen's $d = 5.074$).

Farklı görevlere geçişte zaman tahmini performansını karşılaştırmak amacıyla HHT ve TTH koşullarının 91. denemesindeki sapma değerleri incelenmiştir ve 91. denemedeki sapma değerleri Şekil 6.5.'teki grafikte görülebilmektedir. Grafiğe bakıldığında ilk üç çalıştırmada TTH koşuluna ait eğrinin (kırmızı eğri) daha yukarıda yer aldığı yani beklenenin aksine zor görevden kolay göreve geçişte kolay görevden zora geçişten daha geç tıklanmıştır. Sonraki 4 çalıştırmadaki 91. denemeye ait sapma değerlerinde TTH koşulunun, HHT koşulunun üzerinde yer aldığı görülmektedir. Fakat sapma değerleri arasındaki bu farkın az olduğu anlaşılmaktadır. En son çalışma olan 8. çalıştırmada yine HHT koşulunun üstte yer aldığı görülmektedir. Hem HHT koşulundaki hem de TTH koşulundaki ikinci ve üçüncü aşamalar arasındaki ortalama zaman tahmini sapma değeri farkları da bu çıkarımları desteklemektedir. İki koşuldaki bu fark birbirine oldukça yakındır. HHT koşulunda 90. denemedeki ile zor göreve geçişin olduğu ilk deneme olan 91. denemedeki zaman tahmini sapma değeri ortalama farkının negatif olması beklenmektedir. Ancak bu fark pozitif olarak hesaplanmıştır (645.40) ve TTH koşulu için hesaplanan farka (623.31) oldukça yakındır. TTH koşulundaki bu fark, zor görevden sonra kolay görevde zaman tahmininin daha kısa olduğuna işaret etmektedir. Bu durumda H4.a hipotezi

doğrulanmakta, fakat HHT koşulundaki fark negatif olduğu için H3.b hipotezi desteklenmemektedir. Model, DKM'ye dayandırılarak yapılan öngörünün aksine kolay görevden zor göreve geçişte (görev değişimde) zamanı olduğundan daha uzun tahmin etmemiştir.



Şekil 6.5. Modelin 91. Denemedeki Sapma Değerlerinin Dağılımı. Bu şekilde modelin 91. denemedeki zaman tahmini sapma değeri dağılımları yer almaktadır. Mavi eğri HHT koşulunu, kırmızı eğri TTH koşulunu temsil etmektedir. X eksenindeki katılımcılar, modelin çalıştırılma sayısını belirtmektedir.

6.2.2.3. Model Uyumuna İlişkin Bulgular

Model ile davranışsal verilerin ne kadar uyumlu olduğunu incelemek amacıyla R^2 ve RMSE uyum iyiliği istatistiklerine bakılmıştır. Koşullar ve aşamalar bazında karşılaştırma yapılmıştır. R^2 değerlerine bakıldığında HHH koşulu için katılımcı ve model verileri arasındaki R^2 değeri 0.039, TTT koşulu için 0.265, HHT koşulu için 0.191, TTH koşulu için 0.207 olarak bulgulanmıştır. R^2 uyum iyiliği değerinin en yüksek olduğu koşul TTT koşuludur, bu koşulda model verileri katılımcı verilerindeki varyansın %26.5'ini açıklamaktadır. R^2 değerinin yanı sıra bir diğer uyum iyiliği istatistiği olan RMSE değeri, model ve davranışsal verilerin uyumunu incelemek amacıyla hesaplanmıştır. Koşullara göre RMSE değerlerine göz atıldığında HHH koşulu için RMSE değeri 1046.66, TTT koşulu için 762.81, HHT koşulu için 719.48, TTH koşulu için 584.14 olarak bulgulanmıştır. RMSE uyum iyiliği değerinin en iyi olduğu koşul TTH'dir.

Her aşaması aynı görev olan HHH ve TTT koşullarında aşamalar bazından bakıldığında ise HHH koşulunda uyum iyiliği istatistiklerinin R^2 değerinin en iyi olduğu aşama, Aşama 3 ve RMSE değeri açısından en iyi olduğu aşama, Aşama 1'dir. Fakat Aşama 1 ile Aşama 3'ün RMSE değerleri birbirine çok yakındır. TTT koşulunda her aşama için uyum iyiliği istatistikleri oldukça düşüktür. TTT koşulunun aşamaları için uyum iyiliğinin kötü olmasının toplama işlemi görevinin özelliklerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu iki koşuldaki uyum iyiliği değerleri, model ve katılımcıların aşamalar arasındaki zaman tahmini performanslarının değerlendirilmesine imkan verir. “*H1.c. Modelin zaman aralığı tahmin etme performansı katılımcıların performansı ile uyumlu olacaktır*” hipotezine göre beklenen, özellikle bu iki koşul için aşamalar arasındaki uyum iyiliği değerlerinin paralel olmasıdır. Örneğin, HHH koşulundaki Aşama 1 ile Aşama 3'de model ve katılımcıların benzer bir öğrenme örüntüsüne sahip olması üzerine bu iki aşamadaki uyum iyiliği değerlerinin iyi olması beklenmekteydi. Ancak uyum iyiliği değerlerine ilişkin bulgular bu beklentiyi karşılamamıştır.

Tablo 6.9. Model ile Katılımcı Verilerinin Uyum İyiliği İstatistikleri

Aşamalar	HHH		TTT		HHT		TTH	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE	R^2	RMSE
Aşama 1	0.100	804.12	0.00	785.36	0.007	996.06	0.746	449.40
Aşama 2	0.494	908.07	0.042	733.66	0.016	965.64	0.327	572.38
Aşama 3	0.660	894.94	0.00	892.49	0.053	1007.64	0.039	772.12
Toplam	0.039	1046.66	0.265	762.81	0.191	719.48	0.207	584.14

H5: Modelin zaman aralığı tahmin etme performansının görev zorluğuna bağlı değişimi katılımcılarınki ile uyumlu olacaktır.

Görevler zorluklarının farklılaştığı koşullar olan HHT ve TTH koşullarının aşamalarındaki uyum iyiliği değerlerine göz attığımızda HHT koşulunda uyum iyiliği değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. En yüksek R^2 değeri görevin değiştiği aşama olan Aşama 3'te, en düşük RMSE değeri ise Aşama 2'dedir. TTH koşulunda ise hem R^2 hem de RMSE değerlerinin en iyi olduğu Aşama 1'dir. TTH koşulundaki Aşama

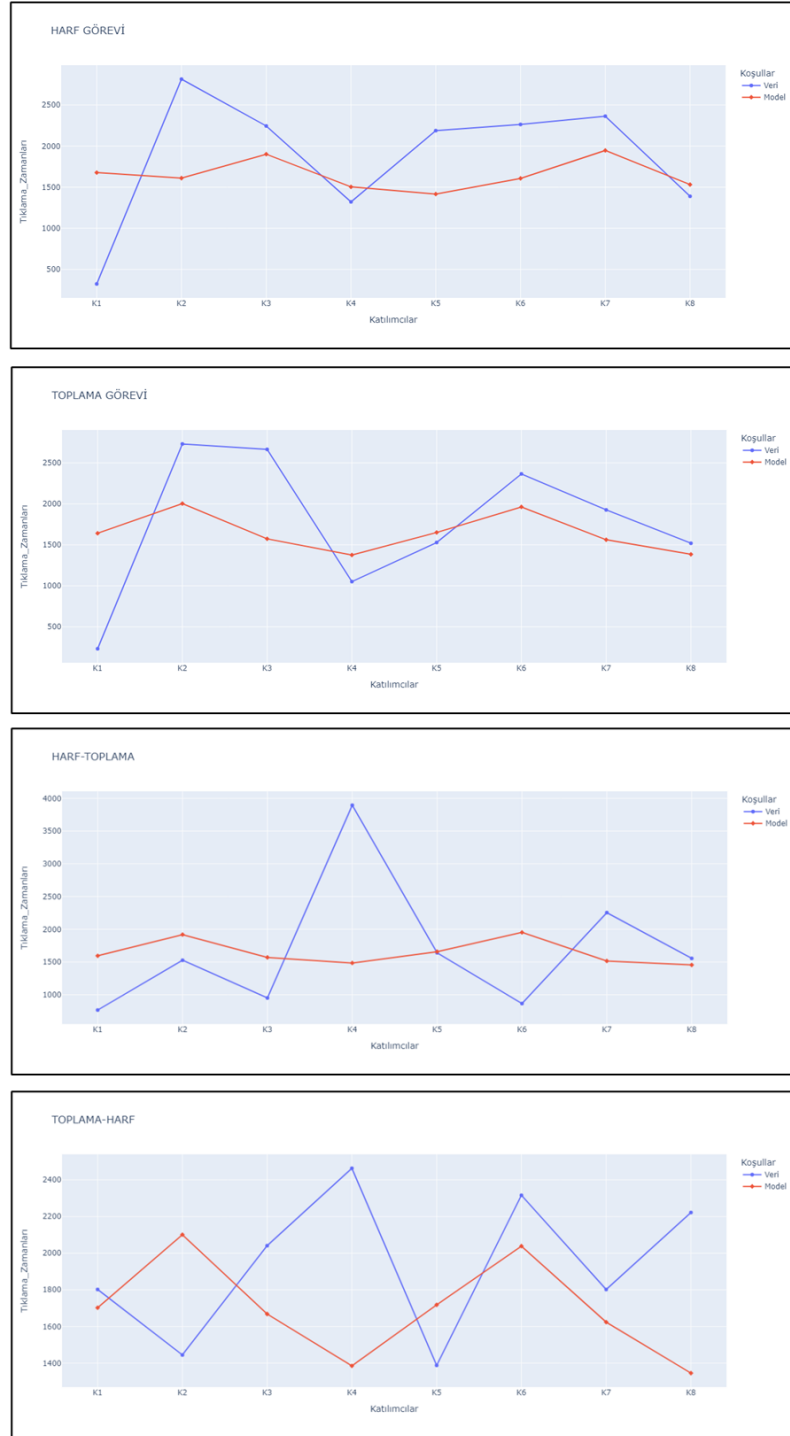
1’de model verileri davranışsal verilerdeki varyansın %75’ini açıklamaktadır. İki koşulda aşama 2 ve aşama 3’teki uyum iyiliği istatistikleri katılımcı ve modelin zaman tahmini performansının görev zorluğuna bağlı olarak uyumlu olup olmadığı konusunda bilgi verir. H5 hipotezi ile de bu beklenti sunulmuştur. Fakat hem HHT hem de TTH koşulundaki uyum iyiliği değerlerinin düşük olması (TTH koşulundaki Aşama 1 dışında) bu beklentiyi karşılamamıştır. Katılımcı ve model verilerinin dört koşul için zaman tahmini sapma değeri dağılım grafikleri Şekil 6.6.’da sunulmaktadır.

Model kodu çalıştırıldığında her bir aşama için tek bir ortalama değer ve tek bir mutlak değer elde edilmektedir. Analizler için model verilerinin davranışsal veriler ile aynı sayıda olmasını sağlamak amacıyla iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki modeli katılımcı sayısı kadar (8 kere) çalıştırarak her aşama için 8 veri elde etmektir. Diğer yöntem ise tek çalıştırmada elde edilen ortalama değeri Monte Carlo yöntemi ile çoğaltmaktır. Bu yöntemde her bir aşamanın ortalama değeri ve standart sapması ile bu aşama için 8 farklı değer üretilmiştir. Yukarıda sunulan uyum iyiliği istatistikleri ilk yöntem kullanılarak (modeli 8 kere çalıştırma yöntemi) elde edilen model verileri ile hesaplanmıştır. Monte Carlo yöntemi kullanılarak elde edilen model verileri ile katılımcı verileri arasında da uyum iyiliği hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre HHH koşulu için katılımcı ve model verileri arasındaki R^2 değeri 0.15, TTT koşulu için 0.006, HHT koşulu için 0.098, TTH koşulu için 0.094 olarak bulgulanmıştır. Koşullara göre RMSE değerlerine göz atıldığında HHH koşulu için RMSE değeri 1136.65, TTT koşulu için 1139.76, HHT koşulu için 1698.177, TTH koşulu için 563.28 olarak bulgulanmıştır. Bu yöntem ile elde edilen uyum iyiliği ilk yöntem ile elde edilenden daha zayıftır. Bu sebeple ilk yöntemle edilen veriler davranışsal verileri daha iyi yordadığından model verileri olarak kabul edilmiş ve bütün analizlerde bu veriler kullanılmıştır.

Davranışsal veriler ve model verilerinin uyum iyiliğini karşılaştırmak amacıyla uyum iyiliği istatistiklerini değerlendirmenin yanı sıra 3 (aşamalar: aşama 1, aşama 2, aşama 3) x 2 (insan, model) karma desen ANOVA analizi her bir koşul için ayrı ayrı yürütülerek model verileri ile davranışsal veriler arasında fark incelenmiştir. Bu analiz vasıtasıyla insan ve model verilerinin üç aşamadaki sapma değerleri ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı incelenmiştir. Koşullara göre katılımcı ve

model zaman tahmini sapma değeri ortalamaları arasındaki fark incelendiğinde HHH koşulu için anlamlı bir fark bulunamamıştır, $F(2,13) = 0.921$, $p = .42$. TTT koşulunda model ve katılımcı zaman tahmini sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmuştur, $F(2,13) = 15.602$, $p < .001$. HHT koşulu için bu iki grup için ortalamalar arasında anlamlı bir fark bulunmuştur, $F(2,13) = 5.52$, $p = .02$. TTH koşulu için de bu fark söz konusudur, $F(2,13) = 14.88$, $p < .001$. TTT koşulu dışındaki diğer koşullarda sapma değeri ortalamaları açısından anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu farklar, düşük uyum iyiliği değerlerini desteklemektedir.





Şekil 6.6. Katılımcı ve Model Verilerinin Dört Koşul için Zaman Tahmini Sapma Değeri Dağılım Grafikleri. Şekilde model ve davranışsal veriler için üstten alta doğru sırasıyla HHH, TTT, HHT ve TTH koşullarındaki zaman tahmini sapma değeri dağılımları verilmektedir. Grafiklerdeki mavi çizgi davranışsal verilerin, kırmızı çizgi model verilerinin dağılımını göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu bölümde ilk olarak çalışma sonuçları sunulacak ve daha sonra bu sonuçlar, mevcut çalışma ve ilgili literatür kapsamında tartışılacaktır. Son olarak da çalışmanın sınırlılıklarına değinilip sonraki araştırmalar için öneriler sunulacaktır.

Psikolojik zaman, insan ve hayvanların fiziksel zamanı nasıl algılayıp yorumladığına ilişkin bir kavramdır. Psikolojik zaman kavramına ilişkin algı devreye girdiğinde diğer bilişsel süreçlerin dahil olması kaçınılmazdır. Zaman algısını etkileyen bilişsel işlevlerin arasında başat olan ikisi dikkat ve bellektir. Dikkatin zaman algısı sürecindeki etkisini açıklamayı amaçlayan teorilerden biri olan Dikkat Kapısı Modeli, beklerken zamanın neden yavaş geçtiği gibi durumları açıklamaya çalışmaktadır. DKM, beklerken süre ile ilgilendiğimiz için dikkatimizi zamana daha fazla yönelttiğimizi ve bunun, modelin bileşenlerinden biri olan dikkat kapısını açtığını ileri sürer. Dikkat kapısının açılmasıyla akümülatöre daha çok tik girer ve zaman aralığını olduğundan daha uzun olarak algılarız. Zamana ne kadar çok dikkatimizi verirsek dikkat kapısı o kadar açılır ve akümülatöre o kadar çok tik girer. Dikkat Kapısı Modeline ilişkin çalışmalarda genel olarak çoklu görevleri (multi-task) içeren çift-görev zamanlama görevi gibi paradigmlar kullanılmaktadır. Bu görevi kullanan çalışmalardan biri olan Taatgen, van Rijn ve Anderson (2007) tarafından yapılan çalışmada, dikkat ve öğrenmeyi içeren entegre bir ileriye dönük zaman aralığı tahmini teorisi tanıtılmıştır. Mevcut veri setlerine uyarlanmış ve ACT-R bilişsel mimarisine entegre edilmiş bir temporal (zamansal) modül sunmuşlardır. Mevcut çalışmada da geliştirilen bu ACT-R temporal modülünün çift-görev zamanlama görevindeki performansı incelenmiş ve davranışsal veriler ile Dikkat Kapısı Modeli ışığında karşılaştırılmıştır. Çalışmada en temelde iki beklenti mevcuttu, bunlardan ilki katılımcıların ve modelin zaman aralığını tahmin etmede giderek daha iyi performans sergilemeleri anlamında bir öğrenme etkisidir. Modelde bu etkinin beklenmesinin nedeni ACT-R'in geçmiş davranış örneklerini saklayarak ve alarak deneyimlerden öğrenmesidir. Böylece model, deneyim kazandıkça zaman aralığını artan doğrulukla tahmin edebilecektir. İkinci beklenti ise zaman aralığının görev zorluğu farklı olan bir görevden diğerine aktarılırken zaman tahminlerinin farklılaşmasıdır. Bu beklenti, Dikkat Kapısı Modeline göre görev daha zor olduğunda akümülatöre daha az tikin

ulaştığı iddiasından kaynaklanmaktadır. Sonuç olarak, görev zorluğunun değişmesinin zaman tahminleri üzerinde etkisinin olması beklenmiştir. Her iki beklentinin de hem katılımcı hem de model için karşılanması öngörülmüştür. Modelin, insana benzer şekilde zaman tahmini davranışında bulunması beklenmiştir. Çalışma sonucunda ACT-R temporal modülünün zaman tahmini performansı değerlendirilmiştir.

Bu amaçlarla çift-görev zamanlama görevi içeren bir deney yürütülmüş, aynı deney ACT-R bilişsel mimarisi için de oluşturulmuştur. Davranışsal veriler ile model verileri karşılaştırılmıştır. Yürütülen deney ve çalıştırılan model sonucunda elde edilen bulgular şu şekildedir: İlk olarak çalışmanın sonunda katılımcıların ve modelin öğrenme performanslarına bakılmıştır. Katılımcıların zaman aralığı öğrenme performansını değerlendirmek amacıyla karma desen ANOVA (SPANOVA) yürütülmüştür. Katılımcıların HHH ve TTT koşullarının üç aşamasındaki zaman tahmini sapma değeri ortalamaları karşılaştırılmış ve anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bunun sonucunda katılımcıların zaman aralığı tahmin etme performansının iyileşmediği ve dolayısıyla aşamalar ilerledikçe zaman aralığını öğrenmediği bulunmuştur. Aynı analiz, model verileri için yapılmış ve her koşul için aşamalardaki sapma değeri ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu elde edilmiştir. Modelin zaman tahmininin standart zaman aralığından sapma oranı aşamalar ilerledikçe azalmaktaydı. Buradan yola çıkarak modelin zaman aralığını öğrendiği söylenebilir. Katılımcılarda öğrenme etkisinin görülmemesi beklenenin dışında bir bulgu olmuştur. Bu bulgunun, katılımcıların çoklu görev performansları ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmadaki çift-görevli zamanlama görevi gibi çoklu görevleri yürütmeyi gerektiren durumlarda görevlerin özellikleri önemlidir. Schneider ve Shiffrin'in (1977) iki süreçli modeline göre kontrollü süreçler çaba dolayısıyla dikkat gerektirir; otomatik süreçler ise hızlıdır, paraleldir ve dikkat gerektirmez. Çift-görevli zamanlama görevinin kontrollü bir süreç olduğunu ve dikkat gerektirdiğini söyleyebiliriz. Buna göre katılımcıların zaman tahmini performanslarında iyileşmenin görünmemesi görevi otomatikleştirme düzeylerinin az olmasına bağlı olabilir. Öğrenme etkisi açısından model ve katılımcı uyumuna bakmak amacıyla uyum istatistiklerine (R^2 ve RMSE) ve çok faktörlü ANOVA sonuçları değerlendirilmiştir. Hem koşullar hem de her bir aşama için uyum iyiliğinin oldukça kötü olduğu

görülmüştür. Buna ek olarak da ANOVA sonucunda HHH koşulu dışında diğer koşullarda model ve katılımcıların sapma değeri ortalamaları arasında fark olduğu bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki bu fark kötü uyum iyiliği istatistiklerini desteklemektedir. Ayrıca katılımcılarda öğrenme etkisinin gözleneceğini belirten H1.a hipotezinin yanlışlanması ve modelde öğrenme etkisinin gözleneceğini belirten H1.b hipotezinin doğrulanması, beklenenin aksine model ve katılımcılar arasında öğrenme etkisi açısından uyumun (H1.c) görülmediğini desteklemektedir.

İkinci beklentiyi test etmek amacıyla zorluk düzeyleri farklı olan iki görev karşılaştırılmıştır. İlk olarak HHH koşulu ile TTT koşulları görev zorlukları açısından karşılaştırılmıştır, bu karşılaştırma görev zorluklarının farklılaştığı koşullar (HHT ve TTH) için bir baz oluşturmaktaydı. Katılımcıların HHH ve TTT koşullarındaki sapma değeri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Kolay görev olan harf görevini içeren HHH ile zor görev olan toplama işlemi görevini içeren TTT'deki zaman tahminleri birbirine çok yakındır (fark 87.62 ms). Ayrıca beklenenin aksine TTT koşulundaki katılımcıların sapma değerleri HHH koşulundaki katılımcıların sapma değerlerinden daha kısadır. Aşamalar arasında görev zorluklarının değiştiği HHT ve TTH koşullarında ise Aşama 2 ve Aşama 3 karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda HHT koşulunda kolay görev bulunan Aşama 2 ile zor görev bulunan Aşama 3'teki sapma değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur. İki aşama arasındaki fark -229.13 milisaniyedir ve buna göre beklendiği gibi kolay görev olan aşamadaki sapma değeri ortalamaları, zor görev olan aşamadakinden kısadır. Fakat iki farklı görev arasında sapma değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. TTH koşulunda ikinci aşamadaki harf görevi ve üçüncü aşamadaki tıklama işlemi görevleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ve iki aşama arasındaki fark 5.96 saniyedir. İki aşama arasındaki sapma değeri ortalamalarının farkı oldukça küçüktür. Katılımcı verilerine ilişkin bulgular ışığında görev zorluğu manipülasyonunun zaman tahmininin doğruluğu üzerinde etkisi olmadığı sonucu elde edilmiştir, H2.a hipotezi doğrulanmamıştır.

Modelin görev zorluğuna bağlı olarak zaman tahmini performansını değerlendirmek amacıyla katılımcılarda olduğu gibi ilk olarak HHH ve TTT koşullarındaki zaman tahmini sapma değeri ortalamaları karşılaştırılmıştır. Katılımcı

verilerinden farklı olarak model verilerinde bu iki koşul arasında sapma değerleri açısından anlamlı bir fark olduğu bulunmuştur. HHH koşulu ile TTT arasındaki sapma değeri farkı -70.03 milisaniyedir, buna göre kolay görevin yer aldığı koşulda sapma değerleri, zor görevin yer aldığı koşuldan daha kısadır. Farklı zorlukta görevlerin yer aldığı Aşama 2 ve Aşama 3'teki sapma değeri ortalamaları arasındaki fark HHT ve TTH koşullarının her ikisinde anlamlıdır. Bu anlamlı fark, görev zorluğu manipülasyonunun zaman tahmini doğruluğunu farklılaştırdığını göstermektedir ve H2.b hipotezi desteklenmiştir. Modelin kolay görevdeki sapma değerleri, zor görevdeki sapma değerlerinden daha kısadır. Model verileri DKM'nin öngörüsünü desteklemektedir ve H2.b. ile H3.b hipotezleri desteklenmiştir.

DKM'ye göre kolay görevde dikkatimizi zamana daha çok verdiğimizde zamanı olduğundan daha uzun algılarız ve bu nedenle ikili-görev zamanlama görevinde sabit zaman aralığı olan 7 saniyenin dolduğunu düşünerek daha erken tıklarız. Zor görevde ise dikkatimizi zamana daha az verdiğimiz için geçen zamanı olduğundan kısa algılarız ve ikili-görev zamanlama görevinde sabit süre olan 7 saniyenin dolduğunu düşünerek daha geç tıklarız. Bu durum karmaşık işler yaptığımızda zamanın daha hızlı, daha basit ve belki sıkıcı denilebilecek işler yaptığımızda zamanın olduğundan daha yavaş geçmesini açıklamaktadır. DKM'ye dayalı bir diğer öngörü, zaman aralığının görev zorluğu farklı olan bir görevden diğerine aktarılırken zaman tahminlerinin farklılaşmasıdır. Bu beklenti, kolay görevde ve zor görevde zaman tahminlerinin farklı olacağı fikrine dayanmaktadır. Kolay görevden sonra zor görevi yerine getirirken akümülatördeki tikleri güncellemenin zorluğundan kaynaklı görevler arası geçişte zaman tahminleri açısından fark olması beklenmiştir. Bu farkı en net görebileceğimiz deneme HHT ve TTH koşullarındaki 91. denemedir. Çünkü HHT koşulunda ilk 90 deneme (iki aşama) kolay görev olan harf göreviyken sonraki 45 aşama zor görev olan toplama işlemi göreviydi ve görevin kolaydan zora değiştiği ilk deneme 91. denemedir. TTH koşulunda da tersi şekilde görevin zordan kolaya değiştiği ilk deneme 91. denemedir. Katılımcı verilerinin dağılımına bakıldığında kolay görevden zor göreve geçişin olduğu ilk deneme olan 91. denemede zaman tahmini yapmak için daha geç tıklanmıştır. HHT koşulunda 90. deneme (harf görevi) ile 91. deneme (toplama işlemi görevi) arasındaki farklarına bakıldığında beklendiği gibi negatif olduğu görülmüştür. TTH koşulunda 90.

denemedeki toplama işlemi görevlerindeki sapma değeri ortalaması ile 91. denemedeki harf görevlerindeki sapma değeri ortalaması arasındaki fark pozitif olarak bulunmuştur. Model için aynı etki görülmemiştir. Modelde görevler arası geçişte zaman tahminleri bir sonraki göreve rahat bir şekilde uyarlanmıştır. Bunun nedeni ACT-R zaman algısı modeline göre oluşturulan temporal modüldür. Fakat model ve katılımcıların HHT ve TTH koşullarındaki zayıf uyum iyiliği değerleri ACT-R temporal modülünün insan zamanlama performansını değerlendirmede yeterli olmadığını ortaya koymaktadır.

Model ve davranışsal verilerin uyumu, R^2 ve RMSE uyum istatistikleri ile değerlendirilmiştir. Bu istatistiklere ek olarak iki faktörlü gruplar arası ANOVA ile katılımcı ve model sapma değerleri koşullara göre karşılaştırılmıştır. Model ve davranışsal verilerin uyumu kötü çıkmıştır. R^2 değerleri oldukça düşük çıkmış, RMSE değerleri de beklenenden yüksek çıkmıştır. ANOVA sonucunda elde edilen sapma değeri ortalamaları arasındaki anlamlı farklar da (HHH koşulu hariç) bu kötü uyum iyiliği değerlerini desteklemektedir. Varyans analizi sonucuna göre katılımcıların ve modelin koşullar bazlı sapma değeri ortalamaları uyumlu değildir.

Model ve davranış verilerinin beklendiği gibi uymamasının nedenlerinden birinin ACT-R temporal modülünün, insan zamanlama performansını doğru bir şekilde modelleme konusundaki eksikliğinden olabileceği düşünülmektedir. Modül, 2007 yılında bahsedilen çalışmada oluşturulmuş fakat daha sonra modül ile ilgili güncelleme ve geliştirmeler yapılmamıştır. Bu uyumu etkileyen faktörlerden biri de bilişsel mimarilerin genel sınırlılıklarından biri olan bireysel farkları modelleme eksikliği olabilir (Marco, Serón ve Cerezo, 2017). Katılımcılar, modelden farklı olarak görevi gerçekleştirirken birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bunlardan biri katılımcıların deney sırasındaki duygudurumdur. Çalışmada katılımcı motivasyonlarının kirlenici değişken olmaması adına deneyi uyguladıkları zamanki motivasyonları sorulmuştur. Bütün katılımcılar motivasyonlarını yüksek olarak bildirmişlerdir. Bunlar dışında katılımcıların deneyi uygularken kullandıkları bir strateji olup olmadığı sorulmuştur. İki katılımcı harf görevinde B harfine tıkladığında puan azalmadığı için her harfe bastıklarını iletmiştir, bunun zaman tahmini açısından bir etkisinin olmayacağı düşünüldüğü için görevde değişiklik yapılmamıştır. Fakat

katılımcıların harfleri kaçırmadan tıklama çabası zaman tahmini görevini ikinci plana attıklarını düşündürmektedir. Benzer şekilde katılımcılardan alınan geri bildirimler ve veriler ışığında çift-görev zamanlama görevini yerine getirirken puana daha çok odaklandıkları ve zaman aralığı tahmini görevini ihmal ettikleri dikkat çekmiştir. Bunu önlemek için sağ ve sol görev puanlamaları farklı olarak ayarlansa dahi yeterince etkili olmadığı görülmüştür. Katılımcıların puana odaklanmalarını engellemek amacıyla puanı katılımcıların uygulama yaptığı ekrandan kaldırmak bir çözüm olabilir. Dört katılımcı da kolay görev olan harf görevinde zaman aralığını tahmin etmek için açıktan saydıklarını söylemişlerdir. Fakat uyarılar arası aralık rastgele belirlendiği için uyarıları sayarak zaman tahmini yapmaları engellenmiştir. Bu yöntem zaman tahmini performansı açısından bir farklılık yaratmamıştır.

Mevcut çalışmada orijinal çalışmadan farklı olarak iki değişiklik yapılmıştır. Bunlar ileriye dönük zaman tahmini paradigması ve zor görevde yapılan düzenleme ile ilgiliydi. Orijinal çalışmada zaman aralığı yeniden üretme paradigması kullanılarak modelin ve katılımcıların zaman aralığını deneyerek öğrenmesi beklenirken bu çalışmada zaman aralığı üretme paradigması kullanılmıştır. Katılımcılara yönergede 7 saniyeyi tahmin etmeleri gerektiği bilgisi sunulmuştur. Bir diğer değişiklik olan zor görevdeki değişiklik oldukça küçüktü ve Taatgen ve diğerleri, çalışmalarında görevin zaman tahmini üzerinde etkisinin az olmasını toplama işlemi görevinin yeterince zor olmaması ile açıkladıkları için iki tek basamaklı sayıların toplanması yerine çift ve tek basamaklı sayıların toplama işlemleri sunulmuştur. Çalışma sonuçları orijinal çalışma (Taatgen, van Rijn ve Anderson, 2007) ile karşılaştırıldığında birden çok bulgunun farklı olduğu görülmektedir. Bunlardan ilki, orijinal çalışmada katılımcılarda öğrenme etkisi görülürken mevcut çalışmada katılımcılarda öğrenme etkisinin görülmemesidir. Bunun nedenlerinden biri katılımcıların dikkatlerini sürdürmedeki performansları olabilir. Dikkatin zamanlama performansını etkilediğini gösteren çalışmalar da bu çıkarımı desteklemektedir (Örn. Hwang ve diğ., 2010). Katılımcıların dikkat düzeyini etkileyen sebeplerden birinin kaygı düzeyleri olabileceği düşünülmektedir. Durumluk Kaygı Ölçeğinden elde edilen puanlar doğrultusunda katılımcıların kaygı düzeylerinin yüksek olduğu bulunmuştur, bu da veri toplama sürecinde ve yakın tarihte verilerin toplandığı il ve yakınlarındaki illerde büyük bir depremin gerçekleşmesinden kaynaklı

olabilir. Çalışmaya dahil edilecek katılımcıların dikkatlerini sürdürme performanslarını ölçebilecek nöropsikolojik testlerin eklenmesi zaman tahmini performanslarını yorumlamada daha sağlıklı bilgilere ulaşılmasını sağlayacaktır. Orijinal çalışmadan farklılaşan en önemli bulgu ise orijinal çalışmanın ikinci deneyinde modelde görevler arası geçişte zaman tahmini açısından farkın bulunmamasıdır. Fakat mevcut çalışmada model verileri DKM'yi destekleyecek şekilde farklı görevlere geçişte zaman tahminleri istatistiksel olarak farklılaşmıştır. Buna göre zor görevden kolay göreve geçişte zaman tahmini daha kısa, kolay görevden zora geçişte ise daha uzun olduğu bulgulanmıştır.

Çalışma sırasında karşılaşılan zorluklardan biri orijinal çalışmanın kodları görece eski olduğu için versiyon sorunları idi. Orijinal çalışmanın kodu Macintosh işletim sistemine uygun yazıldığından Windows işletim sisteminde bulunan bir bilgisayarda çalıştırırken katılımcılara deneyi uygulamak için AGI arayüzü açılmamıştır. Bu nedenle deney kodu Python programlama dili ile tekrar yazılmıştır. Deneyi Python'da yazarken yaşanan en büyük güçlüklerden biri deneme sürelerini ayarlamak olmuştur. Bunun AGI'dan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bothell (2020) ACT-R bilgilendirici metninde AGI'nın insanlar için veri toplamada zamanlama performansı açısından pek doğru olmadığını vurgulamaktadır ve zamansal çözünürlüğü iyileştirmek gerektiğini önermektedir. Bu sorunu çözmek için Python koduna bir formül eklenmiş ve deneme süresi 13 saniyeye ayarlanmıştır. Buna ek olarak bilgisayarın zamansal çözünürlüğünü artırmaya dikkat edilmiştir. Deney tasarımı aşaması dışında veri toplama aşamasında karşılaşılan bir zorluk 06 Şubat'ta gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli deprem sonrası çevrimiçi eğitime geçilmesi ve örneklemin büyük bir kısmını oluşturulan üniversite öğrencilerine erişilememesidir. Her ne kadar kirlenici değişkenleri elimine etmek amacıyla dahil etme ve dışlama kriterleri gözetilse de katılımcı sayısının az olması sonucu bireysel farklılıkların zaman tahmini performansını etkileyebileceği düşünülmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi katılımcıların bireysel farklılıkları model verisi ile uyumu etkileyebilmektedir. Sonraki çalışmalar için örneklem büyüklüğünü artırmak önerilebilir.

Şimdiye kadar zaman tahmini performansını DKM'ye göre değerlendirdik fakat zaman tahmininde görevin özellikleri oldukça önemlidir. ACT-R ve katılımcı

zaman tahminlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında Moon ve Anderson (2013), çoklu görevlerde hedef zaman aralığını olduğundan daha kısa tahmin etme eğilimi olduğunu belirtmişlerdir. Çoklu görevler bilişsel yükün fazla olduğu görevlerdir ve bilişsel yükün dikkat ve bellek süreçlerini etkilediği bilinmektedir (Zargari Marandi, Fjelsted, Hrustanovic, Dan Olesen ve Gazerani, 2020). Dolayısıyla bilişsel yük zaman tahmini performansını da etkileyecektir. Mevcut çalışmada olduğu gibi birden fazla görevin aynı anda yapıldığı çoklu görevlerde bilişsel yükün zaman tahmini üzerine etkisini incelemek faydalı olacaktır.

Sonuç olarak bu çalışma, Taatgen ve diğerlerinin (2007) çalışmalarında eksik gördükleri konularla iyileştirmeler yaparak modelin ve katılımcıların zaman tahminlerini DKM çerçevesinde ele almıştır. Yapılan iyileştirmeler ACT-R temporal modülünü kullanan güncel çalışmalar ile de tartışılmıştır. Çalışma, bilişsel mimarilerin bilişsel işlevleri anlamada önemini ön plana çıkarmaktadır. Çalışmanın bulguları zaman algısı anlayışımıza katkıda bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- AKDOĞAN, B., BALCI, F.: 2016 “Aralık zamanlama: Kuramsal ve deneysel yaklaşımlar.”, **Türk psikoloji yazıları**, 19/37, 13-31.
- AKTAŞ DİNÇER, H., GÖKÇAY, D.: 2019 “Time bisection ability in supra-seconds is preserved during healthy aging.”, **Turkish journal of geriatrics**, 22/3, 368-375.
- ALLMAN, M. J., TEKI, S., GRIFFITHS, T. D., MECK, W. H.: 2014 “Properties of the internal clock: First-and second-order principles of subjective time.”, **Annual review of psychology**, 65, 743-771.
- ANDERSON, J. R.: 2007 **How can human mind occur in physical universe?** Oxford, Oxford University Press.
- ANDERSON, J. R.: 2020 **Cognitive psychology and its implications.** Worth Publishers.
- ANDERSON, J. R., LEBIERE, C.:1998 **The atomic components of thought.** Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- ANDERSON, J. R., LEBIERE, C. :2003 “The Newell test for a theory of cognition.”, **Behavioral and brain sciences**, 26(5), 587-601.
- ANDERSON, J. R., BOTHELL, D., BYRNE, M. D., DOUGLASS, S., LEBIERE, C., QIN, Y.: 2004 “An integrated theory of the mind.”, **Psychological review**, 111/4, 1036.
- ANDERSON, J., FINCHAM, J., QIN, Y. STOCCO, A. :2008 “A central circuit of the mind.”, **Trends in Cognitive Sciences**, 4/12, 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.006>
- BAŞGÖL, H., AYHAN, İ. VE UĞUR, E.: 2021 “Time perception: A review on psychological, computational, and robotic models.”, **IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems**, 14/2, 301-315.

- BECK, A. T., STEER, R. A., CARBIN, M. G.: 1988 “Psychometric properties of the Beck Depression Inventory: Twenty-five years of evaluation.”, **Clinical psychology review**, 8/1, 77-100.
- BELL, C. G., NEWELL, A.: 1971 **Computer structures: Readings and examples**. New York, Mcgraw-Hill
- BLOCK, R. A., ZAKAY, D.: 2006 “Prospective remembering involves time estimation and memory processes.”, **Timing the future: The case for a time-based prospective memory**, 25-49.
- BLOCK, R. A., GEORGE, E. J., REED, M. A.: 1980 “A watched pot sometimes boils: A study of duration experience.”, **Acta psychologica**, 46/2, 81-94.
- BLOCK, R. A., HANCOCK, P. A., ZAKAY, D.: 2010 “How cognitive load affects duration judgments: A meta-analytic review.”, **Acta psychologica**, 134/3, 330-343.
- BLOCK, R. A., GRUBER, R. P.: 2014 “Time perception, attention, and memory: a selective review.”, **Acta psychologica**, 149, 129-133.
- BLOCK, R. A., ZAKAY, D.: 1997 “Prospective and retrospective duration judgments: A meta-analytic review.”, **Psychonomic bulletin & review**, 4/2, 184-197.
- BORST, J. P., ANDERSON, J. R.: 2015 “Using the ACT-R Cognitive Architecture in combination with fMRI data.”, **An introduction to model-based cognitive neuroscience**. (yayımlayan, B. U. Forstmann ve E.-J. Wagenmakers) New York, Springer. s. 339–352.
- BORST, J., NIJBOER, M., TAATGEN, N., RIJN, H., ANDERSON, J.: 2015 “Using Data-driven Model-brain Mappings To Constrain Formal Models Of Cognition.”, **PLoS ONE**, 3/10, e0119673. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119673>

- BOTHELL, D.: 2020 **ACT-R 7.21+ reference manual**. Technical Report. Technical Report, Carnegie Mellon University.
- BROWN, S. W.: 1985 “Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration.”, **Perception & psychophysics**, 38, 115-124.
- BROWN, S. W., COLLIER, S. A. VE NIGHT, J. C.: 2013 “Timing and executive resources: Dual-task interference patterns between temporal production and shifting, updating, and inhibition tasks.”, **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, 39/4, 947–963. <https://doi.org/10.1037/a0030484>
- BRUSS, F. T., RÜSCHENDORF, L.: 2010 “On the perception of time.”, **Gerontology**, 56/4, 361-370.
- BUSEMEYER, J. R., DIEDERICH, A.: 2010 **Cognitive modeling**. California, Sage.
- CABRAL-CALDERIN, Y., WILKE, M.: 2019 “Probing the link between perception and oscillations: lessons from transcranial alternating current stimulation.”, **The Neuroscientist**, 26/1, 57-73. <https://doi.org/10.1177/1073858419828646>
- CHURCH, R. M.: 2003 “A concise introduction to scalar timing theory.”, **Functional and neural mechanisms of interval timing** (yayımlayan W. H. Meck) Londra, Taylor & Francis Group s.3–22. <https://doi.org/10.1201/9780203009574.sec1>
- COELHO, S., GUERREIRO, M., CHESTER, C., SILVA, D., MAROCO, J., COELHO, M., ... DE MENDONÇA, A.: 2016 “Time perception in mild cognitive impairment: interval length and subjective passage of time.”, **Journal of the International Neuropsychological Society**, 22/7, 755-764.

- COHEN, J. :1988 **Statistical power analysis for the behavioral sciences.** Londra, Routledge.
- DANG, C. V., TRAN, T. T., PHAM, T. X., GIL, K. J., SHIN, Y. B., KIM, J. W.: 2017 “Implementation of a reusable human-robot interaction task with humanoid robot by connecting soar and ros.”, **The journal of korea robotics society**, 12/1, 55-64.
- DUZCU, H., HOHENBERGER, A.: 2014 “Prospective duration judgments: The role of temporality and executive demands of concurrent tasks.”, **Acta psychologica**, 147, 34-41.
- FORTIN, C., BRETON, R.: 1995 “Temporal interval production and processing in working memory.”, **Perception & psychophysics**, 57/2, 203-215.
- GIBBON, J.: 1977 “Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing.”, **Psychological review**, 84/3, 279.
- GIBBON, J., CHURCH, R. M., MECK, W. H.: 1984 “Scalar timing in memory.”, **Annals of the New York Academy of sciences**, 423/1, 52-77.
- GLAVAN, J. J., HOUPY, J. W.: 2019 “An integrated working memory model for time-based resource-sharing.”, **Topics in Cognitive Science**, 11/1, 261-276.
- GRONDIN, S.: 2010 “Timing and time perception: A review of recent behavioral and neuroscience findings and theoretical directions.”, **Attention, Perception, & Psychophysics**, 72/3, 561-582.
- GRONDIN, S., MEILLEUR-WELLS, G., LACHANCE, R.: 1999 “When to start explicit counting in a time-intervals discrimination task: A critical point in the timing process of humans.”, **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, 25/4, 993.

- HISLI, N.: 1989 “Beck Depresyon Envanterinin üniversite öğrencileri için geçerliği, güvenilirliği.”, **Psikoloji Dergisi**, 7/23, 3-13.
- HOAGLAND, H.: 1933 “The physiological control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock.”, **The Journal of general psychology**, 9/2, 267-287.
- HOFFMANN, M. A.,
PIECZYKOLAN, A., KOCH,
I., HUESTEGGE, L.: 2019 “Motor sources of dual-task interference: Evidence for effector-based prioritization in dual-task control.”, **Journal of experimental psychology: human perception and performance**, 45/10, 1355.
- HWANG, S. L., GAU, S. S. F.,
HSU, W. Y., WU, Y. Y.: 2010 “Deficits in interval timing measured by the dual-task paradigm among children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder.”, **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, 51/3, 223-232.
- IVRY, R. B. VE KEELE, S.
W.: 1989 “Timing functions of the cerebellum.”, **Journal of cognitive neuroscience**, 1/2, 136-152.
- IVRY, R. B., VE
HAZELTINE, R. E.: 1995 “Perception and production of temporal intervals across a range of durations: evidence for a common timing mechanism.”, **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, 21/1, 3.
- İYİLİKÇİ, O.: 2019 “Bilişsel psikolojide bilgisayar temelli davranışsal deneyler tasarlanırken, uyarıcı sunumu ve tepki zamanı ölçümünde yaşanan zamanlama sorunları.”, **Türk Psikoloji Yazıları**, 22/43, 14-24.
- KARAMINIS, T., CICCHINI,
G. M., NEIL, L., CAPPAGLI,
G., AAGTEN-MURPHY, D., “Central tendency effects in time interval reproduction in autism.”, **Scientific reports**, 6/1, 28570.

BURR, D., PELLICANO, E.:
2016

KARMARKAR, U.,
BUONOMANO, D.: 2007

“Timing in the absence of clocks: encoding time in neural network states.”, **Neuron**, 53/3, 427-438
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.01.006>

KELLY, M. A., WEST, R.:
2019

“From vectors to symbols to cognition: the symbolic and sub-symbolic aspects of vector-symbolic cognitive models.” **In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society (Vol. 34, No. 34)**.
<https://doi.org/10.31234/osf.io/6tqev>

KENNEDY, W. G.,
TRAFTON, J. G.: 2011

“How long is a moment: The perception and reality of task-related absences.”, **International Journal of Social Robotics**, 3, 243-252.

KHOMTCHOUK, B. B.,
WEITZ, E., KARP, P. D.,
WAHLESTEDT, C.: 2018

“How the strengths of Lisp-family languages facilitate building complex and flexible bioinformatics applications.”, **Briefings in bioinformatics**, 19/3, 537-543.

KIM, Y. C., HAN, S. W.,
ALBERICO, S. L.,
RUGGIERO, R. N., DE
CORTE, B., CHEN, K. H.,
NARAYANAN, N. S.: 2017

“Optogenetic stimulation of frontal D1 neurons compensates for impaired temporal control of action in dopamine-depleted mice.”, **Current biology**, 27/1, 39-47.

KOCH, G., OLIVERI, M.,
TORRIERO, S., SALERNO,
S., GERFO, E. L.,
CALTAGIRONE, C.: 2007

“Repetitive TMS of cerebellum interferes with millisecond time processing.”, **Experimental brain research**, 179, 291-299

KOPEC, C. D., BRODY, C.
D.: 2010

“Human performance on the temporal bisection task.”, **Brain and cognition**, 74/3, 262-272.

- KORNBROT, D. E., MSETFI, R. M., GRIMWOOD, M. J.: 2013 “Time perception and depressive realism: judgment type, psychophysical functions and bias.”, **PLOS one**, 8/8, e71585.
- LEJEUNE, H.: 1998 “Switching or gating? The attentional challenge in cognitive models of psychological time.”, **Behavioural processes**, 44/2, 127-145.
- LIU, J., LI, H.: 2020 “How individuals perceive time in an anxious state: the mediating effect of attentional bias.”, **Emotion**, 20/5, 761-772. <https://doi.org/10.1037/emo0000586>
- MAGALHAES, F., ROCHA, K., MARINHO, V., RIBEIRO, J., OLIVEIRA, T., AYRES, C., ..., TEIXEIRA, S.: 2018 “Neurochemical changes in basal ganglia affect time perception in parkinsonians.”, **Journal of biomedical science**, 25/1, 1-15.
- MALAPANI, C., RAKITIN, B., LEVY, R., MECK, W. H., DEWEER, B., DUBOIS, B., GIBBON, J.: 1998 “Coupled temporal memories in Parkinson's disease: a dopamine-related dysfunction.”, **Journal of cognitive neuroscience**, 10/3, 316-331.
- MARCO, J., SERÓN, F., CEREZO, E. :2017 “Combining cognition and emotion in virtual agents.”, **Kybernetes**, 46/06, 933-946. <https://doi.org/10.1108/k-11-2016-0340>
- MATTHEWS, W. J., MECK, W. H.: 2014 “Time perception: the bad news and the good.”, **Cognitive Science**, 5/4, 429-446.
- MATTHEWS, W. J., MECK, W. H.: 2016 “Temporal cognition: Connecting subjective time to perception, attention, and memory.”, **Psychological bulletin**, 142/8, 865.
- MAUK, M.D., BUONOMANO, D.V.: 2004 “The neural basis of temporal processing.” **Annual Review of Neuroscience**, 27, 307–340.
- MCCLELLAND, J. L., CLEEREMANS, A.: 2009 “Consciousness and Connectionist models.”, **The Oxford Companion to Consciousness** (yayımlayan, T. Bayne, A. Cleeremans ve P.

- Wilken) Oxford. Oxford University Press, 180-181.
- MCCLELLAND, J. L.,
BOTVINICK, M. M.,
NOELLE, D. C., PLAUT, D.
C., ROGERS, T. T.,
SEIDENBERG, M. S.,
SMITH, L. B.: 2010
“Letting structure emerge: connectionist and dynamical systems approaches to cognition.”, **Trends in cognitive sciences**, 14/8, 348-356.
- MEIJERING, B., VAN RIJN,
H.: 2009
“Experimental and computational analyses of strategy usage in the time-left task.”, **In Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society**, 31
- MERCHANT, H.,
HARRINGTON, D. L.,
MECK, W. H.: 2013
“Neural basis of the perception and estimation of time.”, **Annual review of neuroscience**, 36, 313-336.
- MERCHANT, H., ZARCO,
W., PRADO, L.: 2008
“Do we have a common mechanism for measuring time in the hundreds of millisecond range? Evidence from multiple-interval timing tasks.”, **Journal of neurophysiology**, 99/2, 939-949.
- MILLMAN, K. J., AIVAZIS,
M. :2011
“Python for scientists and engineers.”, **Computing in science & engineering**, 13/2, 9-12.
- MININGER, A., LAIRD, J.:
2018
“Interactively learning a blend of goal-based and procedural tasks.”, **In Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence** 32/1.
- MITCHELL, J., WEINSTEIN,
D., KAYSER, A.: 2015
“Dopamine, time perception, and future time perspective.”, **Drug and Alcohol Dependence**, 100/156.

- MOON, J. A., FINCHAM, J. M., BETTS, S., ANDERSON, J. R.: 2015 “End effects and cross-dimensional interference in identification of time and length: Evidence for a common memory mechanism.”, **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, 15, 680-695
- MOON, J., ANDERSON, J. R.: 2012 “Modeling Millisecond Time Interval Estimation in Space Fortress Game.”, **In Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society**, 767-772
- MOON, J., ANDERSON, J. R.: 2013 “Timing in multitasking: Memory contamination and time pressure bias.”, **Cognitive psychology**, 67/1-2, 26-54.
- MURDOCK, B. B.: 1982 “A theory for the storage and retrieval of item and associative information.”, **Psychological Review**, 89/6, 609.
- MURDOCK, B. B.: 1997 “Context and mediators in a theory of distributed associative memory (TODAM2).”, **Psychological Review**, 104/4, 839.
- NANI, A., MANUELLO, J., LILOIA, D., DUCA, S., COSTA, T., CAUDA, F.: 2019 “The neural correlates of time: a meta-analysis of neuroimaging studies.”, **Journal of Cognitive Neuroscience**, 31/12, 1796-1826. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01459
- NEWELL, A.: 1990 **Unified theories of cognition**. Harvard, Harvard University Press.
- NEWELL, A.: 1992 “Précis of unified theories of cognition.” **Behavioral and Brain Sciences**, 15/3, 425-437.
- OPRISAN, S. A., BUHUSI, C. V.: 2011 “Modeling pharmacological clock and memory patterns of interval timing in a striatal beat-frequency model with realistic, noisy neurons.”, **Frontiers in integrative neuroscience**, 5, 52.

- ÖNER, N., LE COMPTE, A.: 1983 **Durumluk-Sürekli Kaygı Envanteri El Kitabı.** İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları.
- PALLANT, J.: 2017 **SPSS kullanma kılavuzu: SPSS ile adım adım veri analizi.** Çev. S. Balcı ve B. Ahi, Ankara, Anı Yayıncılık.
- PARK, S., JEONG, S., MYUNG, R.: 2018 “Modeling of multiple sources of workload and time pressure effect with ACT-R.”, **International Journal of Industrial Ergonomics**, 63, 37-48.
- PARKER, K. L., KIM, Y. C., KELLEY, R. M., NESSLER, A. J., CHEN, K. H., MULLER-EWALD, V. A., ..., NARAYANAN, N. S.: 2017 “Delta-frequency stimulation of cerebellar projections can compensate for schizophrenia-related medial frontal dysfunction.”, **Molecular psychiatry**, 22/5, 647-655.
- RADUA, J., OJEDA, N., GOMEZ, J., GUILLEN-GRIMA, F., ORTUNO, F.: 2014 “Meta-analysis of functional neuroimaging studies indicates that an increase of cognitive difficulty during executive tasks engages brain regions associated with time perception.”, **Neuropsychologia**, 58, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.03.016>
- RITTER, F. E., TEHRANCHI, F., OURY, J. D.: 2018 “ACT-R: A cognitive architecture for modeling cognition.”, **Cognitive Science**, 10/3, e1488.
- RUEDA, A. D., SCHMITTER-EDGEcombe, M.: 2009 “Time estimation abilities in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease.”, **Neuropsychology**, 23/2, 178.
- RUSSWINKEL, N., URBAS, L., THÜRING, M.: 2011 “Predicting temporal errors in complex task environments: A computational and experimental approach.”, **Cognitive Systems Research**, 12/3-4, 336-354.

- RUTLEDGE-TAYLOR, M. F., KELLY, M. A., WEST, R. L., PYKE, A. A.: 2014 “Dynamically structured holographic memory.”, **Biologically Inspired Cognitive Architectures**, 9, 9-32.
- SALET, J. M., KRUIJNE, W., VAN RIJN, H.: 2021 “Implicit learning of temporal behavior in complex dynamic environments.”, **Psychonomic Bulletin & Review**, 28/4, 1270-1280.
- SCHNEIDER, W., SCHIFFRIN, R. M.: 1977 “Automatic vs controlled processing.”, **Psychological Review**, 84, 1-64.
- SCHNEIDER, S., KISBY, C., FLINT, E.: 2010 “Effect of virtual reality on time perception in patients receiving chemotherapy.”, **Supportive Care in Cancer**, 19/4, 555-564. <https://doi.org/10.1007/s00520-010-0852-7>
- SPIELBERGER, C.D., GORSUCH, R.L., LUSHENE, R.E.: 1970 **STAI manual for the state-trait anxiety inventory.** Palo Alto, Consulting psychologists press.
- STAUFFER, C., HALDEMANN, J., TROCHE, S., RAMMSAYER, T.: 2011 “Auditory and visual temporal sensitivity: evidence for a hierarchical structure of modality-specific and modality-independent levels of temporal information processing.”, **Psychological Research**, 76/1, 20-31. <https://doi.org/10.1007/s00426-011-0333-8>
- STEVENSON, R., ZEMTSOV, R., WALLACE, M.: 2012 “Individual differences in the multisensory temporal binding window predict susceptibility to audiovisual illusions.”, **Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance**, 38/6, 1517-1529. <https://doi.org/10.1037/a0027339>
- SUN, R.: 2004 “Desiderata for cognitive architectures.”, **Philosophical psychology**, 17/3, 341-373.
- SUN, R.: 2007 “The importance of cognitive architectures: An analysis based on CLARION.”, **Journal of**

Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, 19/2, 159-193.

- SUN, R.: 2016 **Anatomy of the mind.** Oxford, Oxford University Press.
- ŞAHİN, N., KIRLI, U.: 2021 “The Relationship Between Peer Bullying and Anxiety-Depression Levels in Children With Obesity.”, **Alpha psychiatry**, 22/2, 94–99. <https://doi.org/10.5455/apd.133514>
- TAATGEN, N. A., JUVINA, I., SCHIPPER, M., BORST, J. P., MARTENS, S.: 2009 “Too much control can hurt: A threaded cognition model of the attentional blink”, **Cognitive psychology**, 59/1, 1-29.
- TAATGEN, N. A., LEBIERE, C., ANDERSON, J. R.: 2006 “Modeling paradigms in ACT-R.”, **Cognition and multi-agent interaction**, (yayımlayan, R. Sun) New York, Rensselaer Polytechnic Institute. 29-52.
- TAATGEN, N. A., VAN RIJN, H., ANDERSON, J.: 2004 “Time perception: Beyond simple interval estimation.”, **Sixth International Conference on Cognitive Modeling**, (yayımlayan M. C. Lovett, v.d.) New York, Psychology Press, s. 31-45.
- TAATGEN, N. A., VAN RIJN, H., ANDERSON, J.: 2007 “An Integrated Theory of Prospective Time Interval Estimation: The Role of Cognition, Attention, and Learning.”, **Psychological Review**, 114/3, 577–598. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.3.577>
- TAATGEN, N., VAN RIJN, H.: 2010 “Nice graphs, good R2, but still a poor fit? How to be more sure your model explains your data.”, **In Proceedings of the 2010 International Conference on Cognitive Modeling**, s. 247-252
- TAATGEN, N., VAN RIJN, H.: 2011 “Traces of times past: Representations of temporal intervals in memory.”, **Memory & cognition**, 39, 1546-1560.

- NOVIC, A. J., SEIB, C., BURTON, N. W.: 2022 “Longitudinal association of physical activity, mastery and psychological distress in mid-aged adults over 9-years.”, **International journal of environmental research and public health**, 19/21, 14052.
- THÖNES, S., OBERFELD, D.: 2015 “Time perception in depression: A meta-analysis.”, **Journal of affective disorders**, 175, 359-372.
- TREISMAN, M.: 1963 “Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock", **Psychological Monographs: General and Applied**, 77/13, 1.
- VAN RIJN, H., TAATGEN, N. A.: 2008 “Timing of multiple overlapping intervals: How many clocks do we have?”, **Acta Psychologica**, 129/3, 365-375.
- WEARDEN, J. H.: 2003 “Applying the scalar timing model to human time psychology: Progress and challenges”, **Time and mind II: Information processing perspectives**, 21-39.
- ZAKAY, D.: 1998 “Attention allocation policy influences prospective timing.”, **Psychonomic Bulletin & Review**, 5, 114-118.
- ZAKAY, D., BLOCK, R. A.: 1995 “An attentional-gate model of prospective time estimation.”, **Time and the dynamic control of behavior**, 5, 167-178.
- ZAKAY, D., BLOCK, R. A.: 1997 “Temporal cognition.”, **Current directions in psychological science**, 6/1, 12-16.
- ZARGARI MARANDI, R., FJELSTED, C. A., HRUSTANOVIC, I., DAN OLESEN, R., GAZERANI, P.: 2020 “Eye movements in response to pain-related feelings in the presence of low and high cognitive loads.”, **Behavioral Sciences**, 10/5, 92.

EKLER
EK-1
ETİK ONAY BELGESİ



T.C.
TOROS ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİK
KURULU ONAY BELGESİ

Toros Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik Kuruluna başvuran Toros Üniversitesi İktisadi İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Psikoloji Bölümünde görevli Araş. Gör. Behiye ŞAHİN' in "*İleriye Dönük Aralık Zamanlamanın ACT-R ile Bilişsel Modellemesi Üzerine Bir İnceleme*" adlı araştırması kurumumuz tarafından incelenmiş ve;

Etik Yönden uygun bulunmuştur.

✓

Etik Yönden Geliştirilmesi gerekmektedir.

Etik Yönden Uygun Bulunmamıştır

Toros Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etik kurul Kararı	
Başvuru Formunun Etik Kurula Ulaştığı Tarih	15.12.2022
Etik kurul Karar Toplantı Tarihi ve Karar No	26.12.2022/192
Yer	Toros Üniversitesi Rektörlük Senato
Katılımcılar	Formda imzası bulunan üyelerimiz toplantıya katılmıştır.

KURUL BASKANI VE ÜYELER:

Prof. Dr. Abdullah ÇALIŞKAN	Başkan
Prof. Dr. Fügen ÖZCANARSLAN	Üye
Prof. Dr. Sera Yeşim AKSAN	Üye
Prof. Dr. Adnan MAZMANOĞLU	Üye
Prof. Dr. Erkin ERTEN	Üye
Prof. Dr. Köksal HAZIR	Üye
Prof. Dr. Ünsal YETİM	Üye

Açıklama:

EK-2

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ ONAM FORMU

Sayın Katılımcı,

Sizi İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Psikoloji Bölümü öğretim üyelerinden Prof. Dr. Sevtap CİNAN ve İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Neslihan Serap ŞENGÖR danışmanlığında, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Psikoloji Tezli Yüksek Lisans Programı yüksek lisans öğrencisi Behiye ŞAHİN tarafından yürütülen yüksek lisans tez çalışmasına davet ediyoruz.

Bu çalışmada ilk olarak sizden bu form aracılığıyla iletilen ölçekleri doldurmanız istenecektir. Bu aşama yüksek lisans tez çalışmasının katılımcı belirleme bölümünü oluşturmaktadır. Bu ölçeklerden elde edilen sonuçlar doğrultusunda çalışmacı sizi yüz yüze uygulamaya çağıracaktır. Uygulamada bilgisayar ekranında görsel uyaranlar içeren bir görevi yapmanız istenecektir. Uygulamaya ilişkin detaylı bilgilendirme, bu formda vermiş olduğunuz e-posta adresi üzerinden yapılacaktır.

Bu çalışmaya katılmak tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır. Çalışmanın amacına ulaşması için sizden beklenen, bütün soruları eksiksiz, kimsenin baskısı veya telkini altında olmadan, size en uygun gelen cevapları içtenlikle verecek şekilde cevaplamanızdır. Bu formu okuyup onaylamanız, araştırmaya katılmayı kabul ettiğiniz anlamına gelecektir. Ancak, çalışmaya katılmama veya katıldıktan sonra herhangi bir anda çalışmayı bırakma hakkına da sahiptir. Bu çalışmadan elde edilecek bilgiler tamamen araştırma amacı ile kullanılacak olup kişisel bilgileriniz gizli tutulacaktır; ancak verileriniz yayın amacı ile kullanılabilir. İletişim bilgileriniz ise sadece izninize bağlı olarak ve farklı araştırmacıların sizinle iletişime geçebilmesi için “ortak katılımcı havuzuna” aktarılabilir. Eğer araştırmanın amacı ile ilgili verilen bu bilgiler dışında şimdi veya sonra daha fazla bilgiye ihtiyaç duyarsanız araştırmacıya şimdi sorabilir veya [REDACTED] e-posta adresinden ulaşabilirsiniz. Araştırma tamamlandığında genel/size özel sonuçların sizinle paylaşılmasını istiyorsanız lütfen araştırmacıya iletiniz.

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce katılımcıya verilmesi gereken bilgileri okudum ve katılmam istenen çalışmanın kapsamını ve amacını, gönüllü olarak üzerime düşen sorumlulukları anladım. Çalışma hakkında yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı/araştırmacılar tarafından yapıldı. Bana, çalışmanın muhtemel riskleri ve faydaları sözlü olarak da anlatıldı. Kişisel bilgilerimin özenle korunacağı konusunda yeterli güven verildi.

Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi isteğimle, hiçbir zorlama ve telkin olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının:

Adı-Soyadı:

İmzası:

İletişim Bilgileri:

e-posta:

Telefon:

EK-3
KATILIMCI BİLGİ FORMU

Katılımcı No:

Tarih:

Cinsiyet: Kadın () Erkek () Diğer ()

Doğum Tarihi (Gün-Ay-Yıl):

Eğitim Düzeyi:

Üniversite/ Bölüm/Kaçıncı Sınıf:

El Tercihi: Sağ () Sol () Her ikisi ()

Herhangi bir rahatsızlık nedeniyle sık veya sürekli kullandığınız bir ilaç var mı?

Evet () Hayır ()

Evet ise ne kadar süre kullandınız/kullanıyorsunuz:

Tanı veya şikayet:

İlacın veya ilaçların adı:

Şu anda psikiyatrik ilaç kullanıyor musunuz?

Evet () Hayır ()

Evet ise ne kadar zamandır kullanıyorsunuz:

Tanı veya şikayet:

İlacın veya ilaçların adı:

Daha önce herhangi bir psikiyatrik ilaç kullandınız mı?

Evet () Hayır ()

Evet ise ne zaman kullandınız: Ne kadar süre kullandınız:

Tanı veya şikayet:

İlacın veya ilaçların adı:

Epilepsi, Multiple Skleroz, Dikkat Eksikliği ve Hiperaktivite Bozukluğu gibi herhangi bir nörolojik hastalığınız var mı?

Evet () Hayır ()

Evet ise hastalığınızı yazınız:

İleri derecede yakını görememe (yüksek hipermetrop) ve/veya renk körlüğü gibi bir görme bozukluğunuz var mı?

Evet () Hayır ()

Evet ise görme bozukluğunuzu yazınız:

Düzeltilmiş görmeye sahip misiniz? (Gözlük veya lens kullanıyor musunuz?)

Evet ()

Hayır ()

Şimdiye dek herhangi bir beyin ameliyatı geçirdiniz mi?

Evet ()

Hayır ()

Evet ise detaylı bilgi:

Daha önce başınızı bir yere çarpmaktan dolayı veya herhangi bir kaza sonucu, bilincinizi kaybedecek düzeyde bir kafa travması geçirdiniz mi?

Evet ()

Hayır ()

Evet ise detaylı bilgi:

Sigara içiyor musunuz?

Hayır, içmiyorum ()

Evet, içiyorum ()

İçiyordum ama

bıraktım ()

Evet ise;

Ne kadar zamandır (yıl / ay):

Günde kaç tane:

GEÇEN SON 1 AY İÇİNDE, 3 saatlik bir süre içinde, 3 ya da daha çok sayıda alkollü içki içtiniz mi?

Evet ()

Hayır ()

Bu durum 3 kez oldu mu?

Evet ()

Hayır ()

Her gün içki içer misiniz?

Evet ()

Hayır ()

Evet ise, günde kaç tane içki içersiniz?

Hayır ise, içtiğiniz zaman bir günde kaç tane içki içersiniz?

Bir haftada kaç tane içki içersiniz?

Bir haftada içki içmediğiniz iki gün oluyor mu?

(1 standart içki: 1 kutu veya şişe bira = 1 bardak şarap = 45ml'lik bir "tek" sert içki-rakı, viski, votka vb.)

EK-4
MOTİVASYON ÖLÇEĞİ

	Çok yüksek	Yüksek	Biraz	Az	Çok az
Bu çalışmayı devam ettirirken motivasyonunuz ne kadar yüksekti?					

EK-5

YÖNERGELER

76 Yönerge

- □ X

Sayın Katılımcı,

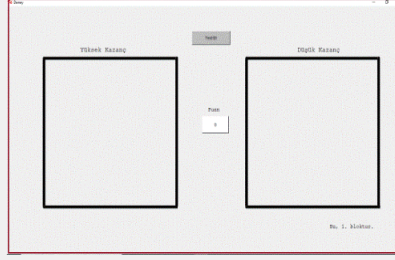
- >> Bu çalışmada iki görev yapmanız beklenmektedir.
- >> Birincil göreviniz zaman tahmini yapmaktır. Ekranı gelecek görevde denemenin başından itibaren 7 saniye geçtiğini düşündüğünüzde "Test Et" yazılı butona tıklayarak süreyi tahmin edeceksiniz.
- >> Burada önemli olan "Test Et" butonuna 7. saniyede tıklamaktır.
- >> İkincil olarak zaman tahmini yaparken ekrana gelen görevi yapmanız gerekmektedir.
- >> Toplam 135 deneme bulunmaktadır.
- >> İlk 90 deneme, işlem görevidir.
- >> Bu görevde ekrana, sonucu doğru ve yanlış olan toplama işlemleri gelmektedir. Sizden beklenen doğru toplama işlemini gördüğünüzde fare ile üzerine tıklamaktır.

Yönergeyi okumaya devam etmek için aşağıdaki 'Devam et' butonuna tıklayınız.

Devam et

- >> Sonraki 45 deneme, harf tanıma görevidir.
- >> Harf tanıma görevinde ise ekrana "A" ve "B" harfleri gelmektedir. Sizden beklenen "A" harfini gördüğünüzde fare ile üzerine tıklamaktır.
- >> İkincil görev birincil görev ile aynı öneme sahiptir.
- >> Ekranda sağ ve solda olmak üzere iki ayrı pencere bulunmaktadır.

Deney ekranı aşağıdaki gibi görünmektedir



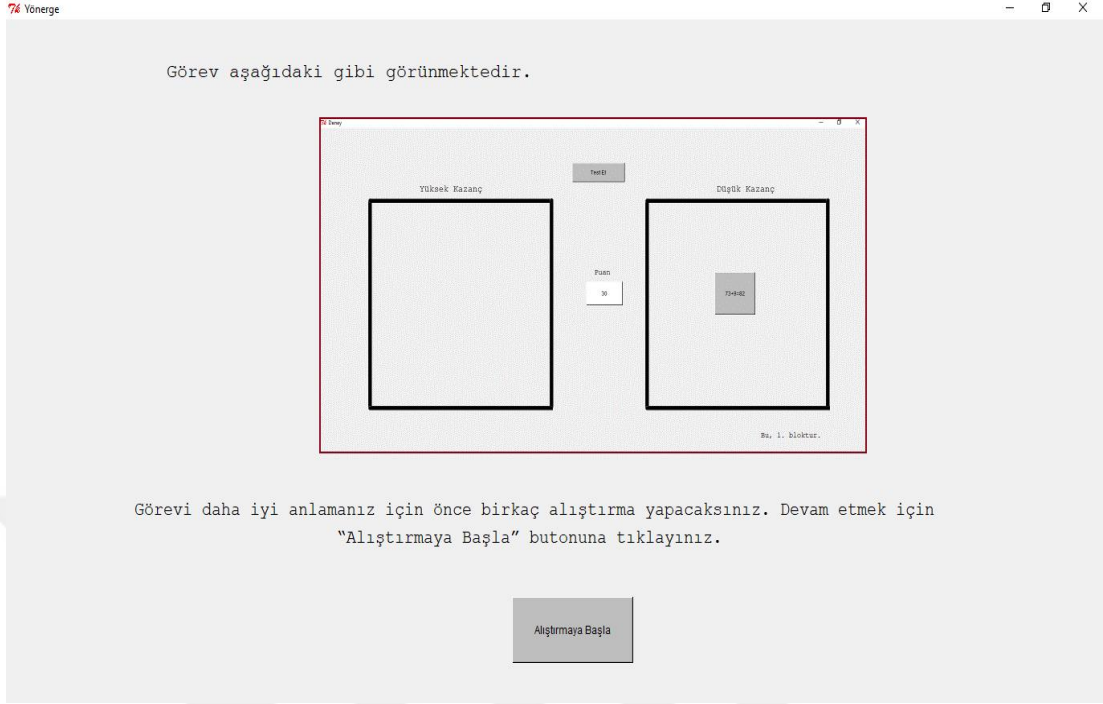
Yönergeyi okumaya devam etmek için aşağıdaki 'Devam et' butonuna tıklayınız.

Devam et

- >> Bütün denemelerde ilk olarak sağ pencerede görev gelecektir.
- >> Denemenin başından itibaren 7 saniyenin dolduğunu düşündüğünüzde 'Test Et' butonuna tıklayınız.
- >> Tıkladığınızda sol pencerede de görev gelecektir.
- >> Sağ penceredeki doğru cevaplarınız için 30 puan; sol penceredeki doğru cevaplarınız için 100 puan alacaksınız.
- >> Bu nedenle sağ penceredeki görev düşük kazançlı, sol penceredeki görev yüksek kazançlı olarak tanımlanmaktadır.
- >> 7 saniye dolmadan 'Test Et' butonuna tıkladığınızda 10 puan kaybedeceksiniz.

Bir sonraki aşamaya geçmek için aşağıdaki 'Devam et' butonuna tıklayınız.

Devam et



EK-6

ACT-R KULLANIMI HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Bu bölümde, ACT-R yazılımını nereden edinilir? ACT-R'da bir model nasıl yazılır? Nasıl çalıştırılır? Deney kodu için hangi programları, nasıl kullanabiliriz? gibi sorular kısaca cevaplanacaktır.

Burada şunu not etmek oldukça önemlidir: ACT-R kullanımının çok farklı versiyonları vardır (pyactr, CCM suite gibi) ve ACT-R ile yapılan çalışmalar arttıkça bu versiyon çeşitliliği de artmaktadır. Farklı versiyonların yanı sıra ACT-R ile bağlantı kurulan birden çok programlama dili de mevcuttur (Örneğin; Java, MatLab). Fakat burada <http://act-r.psy.cmu.edu/> internet sitesinde yer alan yazılım ve öğretici bilgi dosyalarında yer alan versiyon ve programlama dili olarak da sadece Python ve Lisp anlatılacaktır.

1.1. ACT-R Yazılımı ve Modelleri

İlk olarak, ACT-R yazılımının ve öğretici bilgi dosyalarının nereden yükleneceğine dair bilgi vermekte fayda vardır. ACT-R'in güncel sürümüne Carnegie Mellon Üniversitesi'nin ACT-R ile ilgili internet sitesinden ulaşılabilir: <http://act-r.psy.cmu.edu/> Sitenin "SOFTWARE" başlıklı alanından ACT-R'in farklı işletim sistemleri için standalone uygulamaları ve bu uygulamaların önceki versiyonlarına da erişim sağlanabilir. Bunların yanı sıra aynı sayfada öğretici bilgileri içeren dosyalar (tutorial) ve başvuru kılavuzu (reference manual) bu bölümde verilen bilgilerden çok daha kapsamlısını sunmaktadır.

Belirtilen siteden yazılım ve bilgi dosyalarını içeren ACT-R isimli dosya indirildikten sonra ACT-R çalıştırılmaya hazırdır. Bu dosyanın içindeki "run-act-r" isimli komut dosyası çalıştırıldığında ACT-R yazılımı için iki pencere açılacaktır: "ACT-R" başlıklı, ana ACT-R sistemini içeren ve ACT-R ile doğrudan etkileşim için kullanılabilen etkileşimli bir Lisp oturumu ve ACT-R ortamı olarak adlandırılan bir "Kontrol Paneli". Artık bir model yüklenip çalıştırılabilir.

Peki model nedir? ACT-R modelleri, bilişsel özneleri simüle etmek için (Daha önce tezin ACT-R ile ilgili kısmında bahsedildiği gibi) oluşturulmuşlardır. Bir model, tipik olarak modelin nasıl çalıştığını belirten ACT-R komutlarını içeren bir metin dosyasına yazılır. Ayrıca bu model dosyası, metin dosyalarıyla çalışabilen herhangi bir uygulamada (Not Defteri, WordPad gibi) açılabilir ve düzenlenebilir.

Modeli yüklemek için ACT-R ortamındaki (Control Panel) "Load ACT-R Code" tuşuna basmak yeterli olacaktır. Bu tuşa bastıktan sonra modelin bulunduğu klasörden model dosyası seçilir ve model dosyası yüklendikten sonra içerdiği komutlar yukarıdan aşağıya doğru değerlendirilir. Modeli yükledikten sonra artık çalıştırabiliriz. Bir görevle etkileşime girmeyen modeller sadece ACT-R çalıştırma komutu çağrılarak çalıştırılabilir. Yine ortamda bulunan "Run" tuşu ile çalıştırılabilir ve sağındaki metin giriş kutusu da modelin çalışma zamanının girilebileceği yerdir. Bu süre varsayılan olarak 10.0'dır, yani run tuşuna basmanın modeli 10 simüle edilmiş saniyeye kadar çalıştıracağı anlamına gelir. Bunun çıktıları ACT-R penceresinde görülür ve bu çıktıları "trace" denir.

1.2. ACT-R Modeli Oluşturmak

ACT-R modeli oluşturmak komutların yer aldığı metin dosyasını yazmayı içerir. Bu metin dosyasında modelin detaylarını, modelin içerdiği bilgileri belirleyen ve ACT-R sisteminin genel durumunu kontrol eden ACT-R komutları yer almaktadır. Bu komutlar aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

1.2.2. ACT-R Kontrol Komutları

Bir ACT-R modeli oluşturulurken neredeyse her zaman model dosyasında yer alan iki adet kontrol komutu vardır. Bunlar:

1.2.2.1. clear-all: Genellikle modellerin en üstünde yer alır. Bu komut için hiçbir parametre gerekmez ve ACT-R'a şu anda mevcut olan tüm modelleri kaldırması ve ACT-R'ı başlangıç durumuna döndürmesi gerektiğini söyler. Eğer birden fazla modelin birlikte çalıştırılması planlanmıyorsa bu komutu kullanmak çok da gerekli değildir.

1.2.2.2. define-model: Bu komut, bir modelin nasıl oluşturulduğunu tanımlar. define-model çağrısında parantez açılıp içine define-model ve modelin ismi yazılır. Ardından bu model için başlangıç koşulları ve bilgi sağlayacak olan ACT-R komutları yazılır ve parantez bütün kodun en sonunda kapatılır. Model dosyası yüklendiğinde define-model belirtilen koşullarla modeli oluşturur ve daha sonra ACT-R sıfırlandığında bu model başlangıç durumuna geri döndürülür.

1.2.2.3. Küme Türleri (chunk-type): Aslında bu komut, ACT-R yazılımında opsiyonel bir beceridir. Chunk-type bildirim doğrudan modelin işlemlerini etkilememektedir yani ACT-R mimarisinin bir bileşeni değildir. Bir chunk-type, modelleyicinin kümelerin oluşturulması ve test edilmesinde birlikte kullanılacak bir dizi yuvayı (slot) belirtecek modeldeki bilgi için kategoriler belirlemesinin bir yoludur. Bir chunk-type; küme türünü belirten bir isimden ve bir dizi yuva isminden oluşur. Bir chunk-type ismi modelde kümeler ve üretimler oluşturulurken bir bildirim olarak kullanılabilir. chunk-type komutları şu şekilde yazılır:

(chunk-type tür-ismi yuva-ismi-1 yuva-ismi-2 ... yuva-ismi-n)

1.2.2.4. Kümeleri Oluşturma: Kümeleri oluşturmak ve onları modelin deklaratif belleğine yerleştirmek için kullanılan komut, add-dm. Bağımsız değişken olarak herhangi bir sayıdaki küme belirtimi alınabilir. Deklaratif belleğe bir küme yerleştirme işlemi şu şekilde yapılır:

```
(add-dm  
  
  (kümenin-adı ISA kümenin-türü yuva-ismi-1 yuva-değeri-1 ... yuva-ismi-n yuva-  
değeri-n)  
  .  
  .  
  .  
  )
```

Bu liste her bir küme için oluşturulup alt alta yazılır. İsim kümenin bir parçası olarak görülmez yazılmasa da olur. Bu durumda sistem, küme için otomatik olarak bir isim tahsis eder.

1.2.2.5. Üretimleri Oluşturma: Her bir üretim, koşul ve eylem kuralına sahiptir. Bu kurallar, prosedürel modülün diğer bütün modüllerin arabelleklerini yönetmesi için kullanılırlar. Koşul kısmı (Left-hand side, LHS), arabelleklerin içeriğinin yanı sıra arabelleklerin ve modüllerinin genel durumlarını test eder. Bir üretimin eylemi (Right-hand side, RHS) ise üretim başlatıldığında gerçekleştirilecek işlemler dizisini belirtir. Buna ek olarak modüllere gönderilecek yeni talepler ve arabelleklerdeki kümelerde yapılacak değişikliklerden oluşur. Üretim oluşturma komutu p'dir ve bir üretim oluşturma'nın genel biçimi şöyledir:

```
(p üretim-ismi "isteğe bağlı dokümantasyon dizesi")
```

arabellek testi

==>

arabellek değişiklikleri ve talepler

)

Her bir üretim eşsiz bir isme ve onu tanımlayacak isteğe bağlı dokümantasyon dizesine sahip olmalıdır. Bunu, üretimin koşulu izler. Koşuldaki arabellek testi, mevcut arabellek içerikleri ve sorgularıyla eşleşecek modellerdir. Üretim koşulu, üretim eyleminden "==" işareti ile ayrılır. Koşul ve eylem alt alta yazılmak zorunda değildir. Koşul üretimi sola, eylem üretimi sağa yazılabilir. Eylem kısmı, üretimin yapacağı arabellek değişiklikleri ve taleplerden oluşur.

a) Üretim Koşulu: Arabellek Örüntü Eşleyici:] Bir arabellek örüntüsü "=" karakteriyle başlayan ">" ile biten ve bu karakterlerin arasına örüntünün uygulandığı bir arabelleğin adının yazıldığı satırla başlar. Buna göre =goal> sembolü, hedef arabellekteki kümeyi test etmek ve =retrieval> sembolü de geri çağırma arabelleğindeki kümeyi test etmek için kullanılan bir modeli belirtir.

Hangi arabelleğin test edileceğini belirledikten sonra testte kullanılan yuva setlerinin bir belirtilmesini sağlamak için "isa" sembolü ve bir chunk-type ismi kullanılarak isteğe bağlı bir bildirim yapılabilir. Isa bildirimi, test edilecek modelde kullanılan yuvaların belirtilen chunk-type ile tutarlı olduğunu doğrular. Modelin geri kalanı, belirtilen arabellekteki gerçekleştirilecek yuva testlerinden oluşur. Bu yuva testi, opsiyonel bir değiştiriciden (modifier) arabellekteki küme için bir yuvanın adını ve değerinin belirtiminden oluşmalı. Değer sabit bir değer, değişken veya sıfır anlamına gelen Lisp sembolü "nil" olarak belirtilebilir.

Üretimdeki bir sembolde yer alan "=" ön eki bir değişkeni belirtmek için kullanılır. Değişkenin adı herhangi bir sembol olabilir fakat okuyanın anlayacağı şekilde oluşturmak önemlidir. Değişkenler bir üretimde koşul ve eylemi genelleştirmek için kullanılır ve iki temel amacı vardır. Koşulda değişkenler farklı aralıklardaki değerleri karşılaştırmak için kullanılabilir. Değişkenlerin bir diğer amacı,

koşulda belirtilen yuvadaki bir değeri üretim eylemindeki başka bir yuvaya kopyalamaktır. Ayrıca bir değişken yalnızca bir üretim için geçerlidir, farklı üretimlerde aynı değişken isminin kullanılması, bu üretimler arasında herhangi bir ilişki yaratmaz.

b) Üretim Eylemi: Üretimin bir eylemi arabellekleri etkileyen bir dizi işlemden oluşur. Bir arabellekle gerçekleştirilecek belirli bir eylemi belirtmek için; eylemi belirten bir karakterle başlayan (=, + karakterleri gibi) ardından bir arabellek ismi ve ">" karakteri ile biten bir satır yazılmalıdır. Bunu, isa ve chunk-type ismi kullanan opsiyonel bir chunk-type bildirimini ve gerçekleşen eylemi detaylandırmak için yuvaların ve değerlerin belirtilmesi izler. Bir arabellek ile gerçekleştirilebilen en yaygın üç eylem aşağıda açıklanacaktır.

b.1. Arabellek Değişiklikleri, = Eylemi: Eğer arabellek ismi "=" ön ekiyle belirtilmişse o zaman eylem o sırada arabellekte olan kümenin hemen değiştirilmesini sağlar. Bir arabellek değiştirme eyleminde belirtilen her bir yuva, arabellekteki kümede yapılacak değişikliği belirtir. Eğer küme böyle bir yuvaya sahipse, yuva değeri belirtilen kümeye eklenir.

b.2. Arabellek Talepleri, + Eylemi: Arabelleğin isminin önünde "+" ön eki varsa eylem, o arabellek modelindeki bir taleptir. arabelleğin ismiyle beraber anılır örneğin, hedef talebi (goal request), retrieval talebi gibi. Bu talepler modülün arabellekteki kümeyi farklı bir tanesiyle değiştirmesini sağlar, ancak tüm modüller talepleri aynı şekilde işlemez.

b.3. Arabellek Temizleme, - Eylemi: Bir arabellekle gerçekleştirilecek üçüncü eylem türü, kümeleri arabellekten kaldırmaktır. Bu eylem, arabellek isminin önüne "-" ön eki getirilerek yapılır. Örneğin retrieval arabelleğindeki kümeleri temizlemek istiyorsak "-retrieval>" şeklinde yazılır. Bu yazıldıktan sonra arabellek hemen temizlenir ve arabellek tamamen boşalır. Bu da deklaratif modülün, modelin deklaratif belleğindeki arabellekte bulunan kümeyi depolamasını sağlar.

sgp komutu modele özel parametreleri ayarlamak veya göstermek için kullanılır (set/show general parameters: genel parametreleri ayarla/göster anlamına gelir). Bir

modelin parametreleri birçok farklı şeyi kontrol eder. Bazıları, modelin bilişsel modüllerinin performansını kontrol eden denklemlerde kullanılır, diğerleri, bilgi çıktısını veya sahte rastgele sayı üreticinin tohumunu değiştirerek modelleyiciye hata ayıklamada yardımcı olmak için oradadır ve diğerleri, modelleyicinin yapabileceği yollar sağlamak için mevcuttur. Dahili ACT-R mekanizmalarını genişletin veya değiştirin. Tüm parametrelerin ayrıntıları başvuru kılavuzunda bulunabilir. Parametreleri ayarlamak için sgp kullanırken sözdizimi bir parametre ve ardından o parametreye atamak istediğiniz yeni değeri belirtmektir. Herhangi bir sayıda parametre ve değer, sgp'ye yapılan tek bir çağrıda belirtilebilir. ACT-R'deki tüm parametreler bir ":" ile başlar (Lisp sözdiziminde bunlar anahtar kelimelerdir).

Bu, üç parametre ayarlamaktır. :esc, :lf ve :trace-detail. İlk ikisi birlikte, geri çağırma isteklerinin tamamlanmasının her zaman 50 ms süreceğini belirtir. Ayarlanan üçüncü parametre, :trace-detail, bir model çalıştığında izde ne kadar bilgi gösterileceğini kontrol eder. Varsayılan değer ortadır. Sahip olabileceği diğer değerler yüksek ve düşüktür. Yüksek olarak ayarlandığında, modelin yaptığı her eylem izlemede etkin bir şekilde gösterilir.

Not: ACT-R komutlarında kullanılan semboller küçük ve büyük harflere duyarlı değildir.

1.2. ACT-R'ın Dünya ile Etkileşimi: Deneyler

1.2.1 Bir ACT-R Model ve Deney Kodu Örneği

Bu kısımda önceki anlatılan bilgilere örnek olması adına bir model ve deney kodu örneği sunulacaktır. Buradaki örnek, Anderson, Taatgen ve van Rijn tarafından 2004 yılında yazılan “Time perception: Beyond simple interval estimation” başlıklı makaleden alınmıştır. Bu örneğin amacı temelde daha önce üretilen bir süreyi modelin tekrar üretmesini sağlamaktır, basit bir zaman aralığı yeniden üretim paradigmasıdır. Model kodu ACT-R 7 versiyonuna, deney kodu da Python'a uyarlanmıştır.

İlk olarak model koduna bakarsak;

(clear-all) ;ACT-R yazılımını başlangıç durumuna ayarlar

(define-model timeperception ;modelin adını belirtmek için kullanılır, daha önce kullanılmamış bir isim olmalıdır.

(sgp :esc t :lf .05 :trace-detail high)

;bu satır modele özgü parametreleri ayarlamak için kullanılır. Buna göre geri çağırma taleplerinin süresi 50 ms'dir ve :trace-detail high yazıldığı için izde modelin yaptığı her eylem görülebilecektir.

(chunk-type reproduce-interval state) ;Küme türü belirtilmiştir.

(add-dm ;Deklaratif belleğe model için gerekli kümeler yerleştirilmiştir.

(begin isa chunk) (wait isa chunk) (time isa chunk)

(wait-again isa chunk) (done isa chunk)

(first-goal isa reproduce-interval state begin))

(p start-learn ;ilk üretim kuralı

=goal>

isa reproduce-interval ; Eğer amacın aralık oluşturmak ise

state begin

==> ;üretim koşul ve eylemini birbirinden ayırır.

+temporal>

isa time ;temporal modülü başlat

=goal>

state wait)

(p respond-to-text ;ikinci üretim kuralı yazılır

=goal>

isa reproduce-interval

state wait

=visual-location>

isa visual-location

kind text ;visual-locationda yer alacak nesne bir metindir.

?visual> ;görsel (visual) modülün uygunluğu sorgulanır.

state free

==>

+visual>

cmd move-attention ; visual arabelleğin dikkatini bir yere çekmesi istenir.

screen-pos =visual-location ;dikkatini çekmesi gereken pozisyon, visual-location ile belirtilir.

=goal>

state wait)

(p measure-time

=goal>

isa reproduce-interval

state wait

=temporal>

isa time

ticks =time ;temporal modüldeki ticks yuvasına time değeri atanır

==>

=goal>

state wait-again

time =time

+temporal>

isa time) ;temporal modül tekrar başlatılır.

(p respond-to-predicted-text

=goal>

```

isa reproduce-interval

state wait-again

time =time

=temporal>

isa time

ticks =time ;temporal arabellekteki ticks değeri önceki time
değerine ulaşırsa

?manual> ; manual bufferin durumunun uygunluğu sorgulanır.

state free

==>

+manual>

cmd press-key ;manual arabellek tuşa basar

key space ;basılan tuş space tuşudur

+temporal>

isa clear ;ve temporal modül durdurulur

=goal>

state done) ;model hedefini sonlandırır.

(goal-focus first-goal)

)

```

Yukarıdaki model kodunun ilk üretim kuralı olan start-learn'de (öğrenmeye başla) temporal modül başlatılır ve böylece temporal modüldeki zamanlayıcı tiktokları üretmeye başlar. İkinci üretim kuralı respond-to-text'te (metine cevap ver), görsel konumda metnin yer alacağı belirtilir ve metin görüldüğünde -görsel modül bu konuma dikkatini yönelttiğinde- üçüncü üretim kuralı measure-time'de (zamanı ölç) belirtildiği gibi temporal modülün saymayı bırakması istenir. Daha sonra temporal modül yeniden başlatılır ve son üretim kuralı respond-to-predicted-text'te (tahmin

edilen metne cevap ver), aynı süreye ulaştığında boşluk tuşuna basarak zamanlayıcının durması talep edilir. Bu şekilde metin görünene kadar geçen süreyi model tekrar üretebilmektedir.

Aşağıda, örnek modelin deney kodu açıklamalarıyla verilmiştir. Sunulan deney kodu, AGI aracılığıyla bir pencere açılmasını bu pencerede metnin gösterilmesini, daha sonra ikinci bir pencerede butonun sunulmasını ve metnin gösterilmesiyle aynı süre geçtikten sonra modelin o butona basmasını sağlar. Model butona basınca pencere kapanır ve deney sonlanır. Sondan üçüncü satırda yazılan "actr.save_history_data" komutu sayesinde de tüm bu süreçlerde yaşanan arabellek hareketleri bir dosyaya kaydedilir.

ACT-R kullanımı hakkında daha fazla bilgi almak için <http://act-r.psy.cmu.edu/> adresindeki bilgi dosyaları ve başvuru kılavuzu incelenmelidir.

```
8 import actr
9 #ACT-R modülünü içe aktarır
10 from pyticToc import TicToc
11 #pyticToc'tan TicToc modülünü içe aktarır
12 import time
13 #time modülünü içe aktarır
14
15 t = TicToc() #TicToc örneği oluşturur
16
17 actr.load_act_r_model("ACT-R:tutorial;timeperception.lisp")
18 #kullanılacak ACT-R modelini yükler
19
20
21 def respond_to_key_press (model,key):
22 global response
23 #tepki olarak tuşa basma alınacaktır
24 response = []
25
26 actr.add_command("tp-response", respond_to_key_press,
27 "tp task key press response monitor")
28 actr.monitor_command("output-key","tp-response")
29 actr.clear_exp_window()
30 #pencereyi açmadan önce temizler
31
```

```

32
33 def experiment (human=False):
34 #deneyi insan mı ACT-R mı yapacak belirler. True yazsaydı insan katılımcı
    olacağı
    anlamına gelirdi
35
36
37
38 actr.reset()
39 #ACT-R'ı sıfırlar
40 text = ("oval")
41 #metni belirtir
42 t.tic()
43 #timerı başlatır
44 window = actr.open_exp_window("Metin", visible=True)
45 #metin isimli pencereyi açar
46 actr.add_text_to_exp_window (window, text, x=100, y=100, color='black',
    height=50,
    width=50, font_size=16)
47 #metni ve nerede gösterileceğini belirtir
48 actr.install_device(window)
49 #pencereyi göster
50 zaman = t.tocvalue() #Zamanı durdurur ve geçen süreyi zaman değişkenine atar
51 time.sleep(2) #text bir süre kalır
52 window = actr.close_exp_window("Obje")
53 #pencereyi kapatır
54 zaman = int(zaman)+1 #zaman değişkenini tamsayıya (integer) çevirir
55 window1 = actr.open_exp_window("Button")
56 #yeni bir pencere açar
57 for i in range(zaman) :
58 print(i, "saniye")
59 time.sleep(1)
60 #pencerenin zaman değişkeni kadar süre kalmasını sağlar
61 actr.add_button_to_exp_window(window1, text="Close", x=100, y=120,
    action='close',
    height=20, width=75, color='gray')
62 #zaman kadar süre geçtikten sonra pencerede amacı pencereyi kapatmak olan bir
    buton gösterir
63 actr.add_command("close", actr.close_exp_window(window1), "Button
    penceresini
    kapatır.")
64 #close isimli yeni bir komut belirtir
65 actr.record_history("buffer-trace")
66 #tampon geçmişini kaydeder
67 actr.save_history_data("buffer-trace", "C:/Users/behiy/Desktop/ACT-R/dosya")
68 #tampon geçmişi belirtilen konuma dosya adıyla kaydeder
69 experiment(True) #deneyi başlatır

```

```
70 actr.run(100, True) #modeli çalıştırır
71 actr.record_history("buffer-trace")
72 #geçmişteki buffer tracei kaydet
73 actr.save_history_data("buffer-trace", "C:/Users/behiy/Desktop/ACT-R/dosya2")
74 #buffer tracei belirtilen konuma dosya2 olarak kaydet
75
```



Bu çalışmada yapılan deneyin model çıktısı olarak sunulan bir log file örneği açıklamaları ile beraber aşağıda sunulmaktadır.

```
(setf *log* '((120000.0 (FINAL-SCORES 3030))
              ----- 9. Denemenin Sonu -----
              (119900.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
              (119583.01 (DISPLAY-EARN-BUTTON 68 138 "B"))
              (119583.01 PRESS-TEST)
              (119122.07 CLICK-SPEND-SCORE)
              (118424.805 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 110 10 "A"))
              (118400.39 MISSED-EARN-TARGET)
              (117100.586 CLICK-SPEND-SCORE))
```

(117000.0 START-EARN-SERIES)
(116379.88 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 120 96 "A"))
(114935.55 CLICK-SPEND-SCORE)
(114253.91 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 36 104 "A"))
(112869.14 CLICK-SPEND-SCORE)
(112135.74 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 12 36 "A"))
(110895.51 CLICK-SPEND-SCORE)
(110041.99 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 114 32 "A"))
(110000.0 END-EARN-SERIES)
(109900.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(108845.7 CLICK-SPEND-SCORE)
(108700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 57 110 "B"))
(108125.98 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 40 69 "A"))
(107543.945 KEY-EARN-SCORE)
(107200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 70 27 "A"))
(106900.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(106880.86 CLICK-SPEND-SCORE)
(106184.57 (DISPLAY-EARN-BUTTON 41 189 "B"))
(106184.57 PRESS-TEST)
(106077.15 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 115 188 "A"))
(105400.39 MISSED-EARN-FOIL)
(105205.08 CLICK-SPEND-SCORE)
(104579.1 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 93 182 "A"))
(104023.44 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(104000.0 START-EARN-SERIES)

----- 8. Denemenin Sonu -----

(102823.24 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 47 49 "B"))
(102300.78 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(101100.586 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 1 135 "B"))
(100035.16 CLICK-SPEND-SCORE)
(99489.26 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 70 26 "A"))
(98935.55 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(97736.33 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 49 1 "B"))
(97338.87 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(97000.0 END-EARN-SERIES)
(96900.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(96138.67 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 108 74 "B"))
(95700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 33 182 "B"))
(95495.12 CLICK-SPEND-SCORE)
(95400.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(94967.77 (DISPLAY-EARN-BUTTON 35 162 "B"))
(94967.77 PRESS-TEST)
(94462.89 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 78 87 "A"))
(93900.39 MISSED-EARN-TARGET)
(93614.26 CLICK-SPEND-SCORE)
(92921.875 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 63 114 "A"))
(92400.39 MISSED-EARN-FOIL)

(92040.04 CLICK-SPEND-SCORE)
(91397.46 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 8 81 "A"))
(91197.266 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(91000.0 START-EARN-SERIES)

----- 7. Denemenin Sonu -----

(89997.07 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 125 116 "B"))
(89174.805 CLICK-SPEND-SCORE)
(88469.73 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 71 153 "A"))
(87699.22 CLICK-SPEND-SCORE)
(87121.09 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 5 146 "A"))
(86940.43 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(85740.234 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 100 63 "B"))
(84926.76 CLICK-SPEND-SCORE)
(84256.836 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 86 180 "A"))
(84000.0 END-EARN-SERIES)
(83888.67 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(83406.25 KEY-EARN-SCORE)
(82700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 26 62 "A"))
(82689.45 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 47 146 "B"))
(82315.43 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(81898.44 KEY-EARN-SCORE)
(81200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 105 14 "A"))
(81115.234 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 37 33 "B"))
(80895.51 KEY-EARN-SCORE)
(80552.734 (DISPLAY-EARN-BUTTON 19 128 "A"))
(80552.734 PRESS-TEST)
(79826.17 CLICK-SPEND-SCORE)
(79400.39 MISSED-EARN-TARGET)
(79115.234 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 24 131 "A"))
(78000.0 START-EARN-SERIES)

----- 6. Denemenin Sonu -----

(77769.53 CLICK-SPEND-SCORE)
(77184.57 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 98 151 "A"))
(76522.46 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(75322.266 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 70 1 "B"))
(74714.84 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(73514.65 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 35 122 "B"))
(72365.234 CLICK-SPEND-SCORE)
(71684.57 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 24 62 "A"))
(71000.0 END-EARN-SERIES)
(70485.35 CLICK-SPEND-SCORE)
(70334.96 KEY-EARN-SCORE)
(69700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 114 2 "A"))
(69690.43 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 70 44 "A"))
(68949.22 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(68868.164 KEY-EARN-SCORE)
(68316.41 (DISPLAY-EARN-BUTTON 62 6 "A"))

(68316.41 PRESS-TEST)
(67900.39 MISSED-EARN-TARGET)
(67749.02 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 76 16 "B"))
(66400.39 MISSED-EARN-TARGET)
(66344.73 CLICK-SPEND-SCORE)
(65689.45 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 48 42 "A"))
(65000.0 START-EARN-SERIES)

----- 5. Denemenin Sonu -----

(64158.203 CLICK-SPEND-SCORE)
(63482.42 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 17 0 "A"))
(62516.6 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(61317.383 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 77 165 "B"))
(60416.992 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(59216.797 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 98 151 "B"))
(58369.14 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(58000.0 END-EARN-SERIES)
(57168.945 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 14 43 "B"))
(57043.945 KEY-EARN-SCORE)
(56700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 61 84 "A"))
(55907.227 CLICK-SPEND-SCORE)
(55756.836 KEY-EARN-SCORE)
(55200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 4 110 "A"))
(54960.937 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 87 131 "A"))
(54455.08 KEY-EARN-SCORE)
(54111.33 (DISPLAY-EARN-BUTTON 22 165 "A"))
(54111.33 PRESS-TEST)
(53617.187 CLICK-SPEND-SCORE)
(53400.39 MISSED-EARN-TARGET)
(52933.594 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 103 134 "A"))
(52000.0 START-EARN-SERIES)

----- 4. Denemenin Sonu -----

(51622.07 CLICK-SPEND-SCORE)
(50932.617 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 118 65 "A"))
(49532.227 CLICK-SPEND-SCORE)
(48807.617 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 65 57 "A"))
(47312.5 CLICK-SPEND-SCORE)
(46768.555 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 15 186 "A"))
(45800.78 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(45000.0 END-EARN-SERIES)
(44600.586 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 29 171 "B"))
(44094.727 KEY-EARN-SCORE)
(43702.15 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)
(43700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 85 132 "A"))
(42501.953 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 21 36 "B"))
(42444.336 KEY-EARN-SCORE)
(42200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 16 31 "A"))
(41574.22 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON)

(41375.977 KEY-EARN-SCORE)
(40875.0 (DISPLAY-EARN-BUTTON 12 76 "A"))
(40875.0 PRESS-TEST)
(40400.39 MISSED-EARN-FOIL)
(40374.023 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 84 183 "B"))
(39000.0 START-EARN-SERIES)

----- 3. Denemenin Sonu -----

(38895.508 CLICK-SPEND-SCORE)
(38172.85 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 91 178 "A"))
(36650.39 CLICK-SPEND-SCORE)
(35932.617 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 9 52 "A"))
(34450.195 CLICK-SPEND-SCORE)
(33745.117 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 90 81 "A"))
(32447.266 CLICK-SPEND-SCORE)
(32000.0 END-EARN-SERIES)
(31900.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(31758.79 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 23 124 "A"))
(30727.54 CLICK-SPEND-SCORE)
(30700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 60 157 "B"))
(30400.39 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON)
(30083.008 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 33 147 "A"))
(29282.227 CLICK-SPEND-SCORE)
(29200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 100 146 "B"))
(28420.898 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 59 123 "A"))
(28408.203 KEY-EARN-SCORE)
(28064.453 (DISPLAY-EARN-BUTTON 124 50 "A"))
(28064.453 PRESS-TEST)
(27629.883 CLICK-SPEND-SCORE)
(27400.39 MISSED-EARN-FOIL)
(26912.11 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 84 71 "A"))
(26006.836 CLICK-SPEND-SCORE)
(26000.0 START-EARN-SERIES)

----- 2. Denemenin Sonu -----

(25428.71 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 73 187 "A"));Sağ pencerede "A" harfi görünür
(25113.281 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON);Sağ penceredeki buton kaldırılır
(23913.086 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 78 188 "B"));Sağ pencerede "B" harfi görünür
(23441.406 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON);Sağ penceredeki buton kaldırılır
(22241.21 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 53 190 "B"));Sağ pencerede "B" harfi görünür
(21175.781 CLICK-SPEND-SCORE); Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır
(20545.898 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 42 8 "A"));Sağ pencerede "A" harfi görünür
(20175.781 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON);Sağ penceredeki buton kaldırılır

(19000.0 END-EARN-SERIES);**Bu aşamadan sonra sol pencerede uyarın görünmez**
(18975.586 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 74 148 "B"));**Sağ pencerede “B” harfi görünür**
(18368.164 CLICK-SPEND-SCORE);**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(18217.773 KEY-EARN-SCORE);**Sol penceredeki butona tıklar ve 100 puan kazanır**
(17700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 44 110 "A"));**Sol pencerede “A” harfi görünür**
(17533.203 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 30 88 "A"));**Sağ pencerede “A” harfi görünür**
(16878.906 CLICK-SPEND-SCORE);**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(16728.516 KEY-EARN-SCORE);**Sol penceredeki butona tıklar ve 100 puan kazanır**
(16200.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 111 69 "A"));**Sol pencerede “B” harfi görünür**
(16054.6875 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 79 88 "A"));**Sağ pencerede “A” harfi görünür**
(15616.211 CLICK-SPEND-SCORE);**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(15465.82 KEY-EARN-SCORE);**Sol penceredeki butona tıklar ve 100 puan kazanır**
(14700.195 (DISPLAY-EARN-BUTTON 93 88 "A"));**Sol pencerede “A” harfi görünür**
(14616.211 PRESS-TEST) ;**Test-Et butonuna tıklar**
(14400.391 MISSED-EARN-TARGET);**Sol pencerede uyarın gelmesi için Test-Et butonuna tıklanmaz**
(14381.836 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON) ;**Sol penceredeki buton kaldırılır**
(13181.641 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 121 31 "B"));**Sağ pencerede “B” harfi görünür**
(13000.0 START-EARN-SERIES);**İkinci deneme başlar**

----- 1. Denemenin Sonu -----

(12457.031 CLICK-SPEND-SCORE);**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(11727.539 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 26 52 "A"));**Sağ pencerede “A” harfi görünür**
(11064.453 CLICK-SPEND-SCORE) ;**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(10353.516 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 30 57 "A")); **Sağ pencerede “A” harfi görünür**
(9452.148 CLICK-SPEND-SCORE);**Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır**
(8882.8125 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 83 163 "A"));**Sağ pencerede “A” harfi görünür**

(7566.4062 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 76 44 "B")); Sağ pencerede "A" harfi görünür
(7257.8125 REMOVE-SPEND-FOIL-BUTTON); Sağ penceredeki buton kaldırılır
(6057.617 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 57 190 "B")); Sağ pencerede "B" harfi görünür
(6000.0 END-EARN-SERIES) ;Bu aşamadan sonra sol pencerede uyarı görünmez
(5466.797 CLICK-SPEND-SCORE); Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır
(5316.4062 KEY-EARN-SCORE); Sol penceredeki butona tıklar ve 100 puan kazanır
(4700.1953 (DISPLAY-EARN-BUTTON 2 119 "A")); Sol pencerede "A" harfi görünür
(4628.9062 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 119 128 "A")); Sağ pencerede "A" harfi görünür
(4400.3906 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON); Sol penceredeki buton kaldırılır
(3681.6406 CLICK-SPEND-SCORE); Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır
(3200.1953 (DISPLAY-EARN-BUTTON 18 14 "B")); Sol pencerede "B" harfi görünür
(2983.3984 (DISPLAY-SPEND-BUTTON 67 162 "A")); Sağ pencerede "A" harfi görünür
(2408.2031 CLICK-SPEND-SCORE); Sağ penceredeki butona tıklar ve 30 puan kazanır (Henüz sağ pencerede uyarı görünmez)
(2257.8125 KEY-EARN-SCORE); Sol penceredeki butona tıklar ve 100 puan kazanır
(1700.1953 (DISPLAY-EARN-BUTTON 111 123 "A")); Sol pencerede "A" harfi görünür
(1400.3906 REMOVE-EARN-FOIL-BUTTON); Sağ penceredeki buton ("B") harfi kaldırılır
(687.5 (DISPLAY-EARN-BUTTON 6 119 "B")); Sol pencerede "B" harfi görünür
(687.5 PRESS-TEST); Test-Et butonuna tıklar
(0.0 START-EARN-SERIES))

----- 1. Denemenin Başı -----