



T. C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİLİŞSEL KARAR ALMADA RİSK VE BELİRSİZLİK AYRIMI**

GERÇEK ÇİÇEK

SİNİRBİLİM ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. LÜTFÜ HANOĞLU

İSTANBUL, 2017

## TEZ ONAY FORMU

Kurum : İstanbul Medipol Üniversitesi  
Programın Seviyesi : Yüksek Lisans (X) Doktora ( )  
Anabilim Dalı : Sinirbilim  
Tez Sahibi : Gerçek ÇİÇEK  
Tez Başlığı : Bilişsel Karar Almada Risk ve Belirsizlik Ayrımı  
Sınav Yeri : İstanbul Medipol Üniversitesi Kavacık Yerleşkesi  
Sınav Tarihi : 18.08.2017

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve nitelik yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

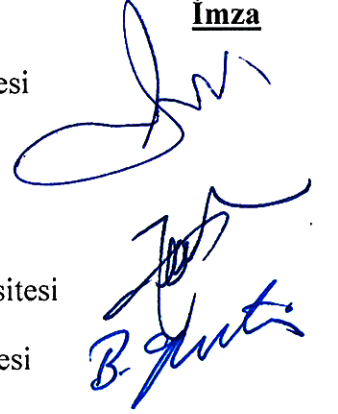
### Danışman

Prof.Dr.Lütfü HANOĞLU

### Kurumu

İstanbul Medipol Üniversitesi

### İmza



### Sınav Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Temel TOMBUL

İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Prof. Dr. Bahar GÜNTEKİN

İstanbul Medipol Üniversitesi

Yukarıdaki jüri kararıyla kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 06./09./2017 tarih ve 2017/.../25 - 25 sayılı kararı ile şekil yönünden Tez Yazım Kılavuzuna uygun olduğu onaylanmıştır.

Prof.Dr. Nesrin EMEKLİ

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içerisinde elde ettiğimi, bu tez çalışması ile elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Gerçek ÇİÇEK  


**İTHAF**

Anne.



## TEŞEKKÜR

Hocam ve danışmanım, İstanbul Medipol Üniversitesi öğretim üyesi, Prof. Dr. Lütfü Hanoğlu'na bilimsel anlayış olarak ufkumu ve akademik kariyer olarak önümü açtığı için teşekkür ederim. Bir sosyal bilimciden sağlık bilimcisine dönüşmem için gerekli bilgiyi edinmem ve yetkinlikleri kazanmam için bana teklifsizce ayırdığı zaman ve gösterdiği alçak gönüllü ilgi, işbu tezi mümkün kıldı.

İstanbul Medipol Üniversitesi Sinirbilim lisansüstü öğrencileri Kübra Soğukkanlı Kadak ve Merve Yamaoğlu'na, kurduğumuz küçük ama verimli çalışma grubunda hem hocalarım hem meslektaşlarım olarak bana yol gösterdikleri için teşekkür ederim. Paradigma ve görevlerin oluşturulmasından, deneylerin yapılmasında kadar teorik ve pratik pekçok alanda yardımları bu çalışmaya bilimsel güç ve anlam kattı.

Bilimsel verimliliğin yanında akademik dürüstlük ve araştırma etiğini de öne çıkaran güçlü kişilikleriyle, bu üç kişinin bir araştırmacı olarak olgunlaşmamdaki etkileri ayrıca takdir edilmelidir. Bilgi birikimi, yetkinlik ve içsel bütünlükleriyle bana örnek oldukları için her birine ayrı ayrı teşekkürlerimi sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI FORMU .....	i
BEYAN.....	ii
İTHAF .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
<b>1. ÖZET.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>3. GİRİŞ VE AMAÇ .....</b>	<b>3</b>
<b>4. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>6</b>
4.1. Ekonomi Arkaplanı .....	6
4.2. Sinirbilim Arkaplanı .....	10
4.3. Nöroekonomi Arkaplanı.....	13
<b>5. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>20</b>
5.1. Amaç .....	20
5.2. Kısıtlar.....	20
5.3. Deney Tasarımı .....	21
5.4. fNIRS Düzeneği .....	26
<b>6. BULGULAR .....</b>	<b>29</b>
6.1. Davranışsal Bulgular.....	29
6.2. fNIRS Bulguları .....	31
<b>7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>46</b>
<b>8. KAYNAKLAR .....</b>	<b>50</b>
<b>9. ETİK KURUL ONAYI.....</b>	<b>53</b>
<b>10. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>56</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 5.3.1. Riskli ve Belirsizlikli Görevlere Ait Akış Şeması .....	22
Şekil 5.3.2. Riskli Görev Örneği.....	22
Şekil 5.3.3. Belirsizlikli Görev Örneği .....	23
Şekil 5.3.4. En Düşük-En Yüksek Arası Kazanç Farkı Değişimine Örnek Görev 1 .	23
Şekil 5.3.5. En Düşük-En Yüksek Arası Kazanç Farkı Değişimine Örnek Görev 2 .	24
Şekil 5.3.6. Seçenekler Arası Beklenen Değer Farkına Örnek Görev 1 .....	24
Şekil 5.3.7. Seçenekler Arası Beklenen Değer Farkına Örnek Görev 2 .....	25
Şekil 5.3.8. Görevlerde Kullanılan Sayıların Büyüklüğüne Göre Görev Örnekleri ..	25
Şekil 5.3.9. Blok Tasarımı .....	26
Şekil 5.4.1. EEG 10-20 Sistemine Göre Optot Düzenegi .....	27
Şekil 6.1.1. Tercihlerin Tutarlılığına Örnek A .....	29
Şekil 6.1.2. Tercihlerin Tutarlılığına Örnek B .....	30
Şekil 6.2.1. Kanal 13 .....	31
Şekil 6.2.2. Bütün Katılımcıların Belirsizlik>Risk Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası.....	33
Şekil 6.2.3. Bütün Katılımcıların Risk>Belirsizlik Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası.....	33
Şekil 6.2.4 Birinci Katılımcının Risk>Belirsizlik Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası (P=0.05) .....	34
Şekil 6.2.5 İkinci Katılımcının Belirsizlik>Risk Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası (P=0.05) .....	35
Şekil 6.2.6 Üçüncü Katılımcının Belirsizlik>Risk Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası (P=0.05) .....	36
Şekil 6.2.7 Dördüncü Katılımcının Belirsizlik>Risk Durumundaki Aktivasyon veya Deaktivasyonu Gösteren T-İstatistiksel Haritası (P=0.05) .....	37
Şekil 6.2.8 Dördüncü katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	37
Şekil 6.2.9 Beşinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	38
Şekil 6.2.10 Beşinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	39

Şekil 6.2.11 Altıncı katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	40
Şekil 6.2.12 Yedinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	41
Şekil 6.2.13 Yedinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	42
Şekil 6.2.14 Sekizinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	43
Şekil 6.2.15 Sekizinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05).....	44
Şekil 6.2.16. Birinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki (p=0.05) t-istatistiksel haritası ve İkinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki (p=0.05) t-istatistiksel haritası.....	45



## 1. ÖZET

### **BİLİŞSEL KARAR ALMADA RİSK VE BELİRSİZLİK AYRIMI**

Karar alma süreçlerini etkileyen en önemli kavramlar yaşanan dünyanın doğal getirileri olan risk ve belirsizliktir. Karar alma çalışan farklı disiplinler, kendi teorilerini oluşturup, farklı yöntem ve analizler gerçekleştirmektedir ancak bütünleşik bir teori henüz ortaya çıkmamıştır. İnsan karar almasının davranışsal öğeleri ekonomi görev ve oyunları kullanılarak araştırılmış ancak teorik kısıtlar nedeniyle insanların risk ve belirsizlik kavramları hakkında tam bilgi sahibi olduğu, yansız ve usçu olduğu varsayılmıştır. Bu soyutlayıcı yaklaşım, deney çıktılarının risk ve belirsizlik davranışlarının bilgilendirilmiş tercihler sonucu olup olmadığı konusunu yoksaymasına neden olmuştur. Karar almanın bilişsel öğeleri ise fMRI, EEG, fNIRS gibi farklı görüntüleme yöntemleri ve paradigmlar kullanılarak risk ve belirsizlik altında incelenmiş; bu iki kavram en genel ifadeyle, sırasıyla, prefrontal korteks ve amigdala ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmalar, deneylerinde içerik ve bilişsel yük açısından farklı uyaran çeşitleri kullandıklarından, literatürde risk ve belirsizlik durumları altında beyin aktivitesini karşılaştırılabilir olarak inceleyen ölçün bir yöntem bulunmamaktadır. Bu çalışma, risk ve belirsizlik için karşılaştırılabilir görevler içermekte; kullanılan görevler problem çözme için gerekli bilişsel yükü hafifletmek adına özenle ve içerikten bağımsız oluşturularak, zihinsel hesaplama gücü yetersizliğinden kaynaklanabilecek tutarsızlıklardan veya içeriğe bağlı sapmalardan bağımsız olarak incelenebilir davranışsal ve bilişsel süreçlere ulaşmayı hedeflenmiştir. Çalışma, risk ve belirsizlik işlemlenmesinin incelenmesi için bilişsel yetersizliklerden yalıtılmış şekilde risk ve tercih davranışlarının gözlemlenebildiği ve insan karar almasının bilişsel sürecinin usçuluğunu sınayan deney tasarımı bir fNIRS deneyi ile sunmaktadır. Çalışma ile sağlıklı yetişkinlerden toplanan davranışsal veri ve beyin verisinin ortak yorumu, önerilen tasarımın risk ve belirsizlik altında insan karar almasının rasyonelliğinin araştırılması ve bilişsel süreçlerdeki bireysel farkların ortaya çıkarılması için işlevsel olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: belirsizlik, bilişsel, ekonomik, karar alma, risk.

## **2. ABSTRACT**

### **COGNITIVE DECISION MAKING UNDER RISK AND UNCERTAINTY**

The most important concepts affecting decision making processes are risk and uncertainty, which are natural consequences of the world we live in. Various disciplines studying decision making, have created their own theories, realized different methods and analyses, however there yet to emerge an integrated theory. Behavioral elements of human decision making have been researched using economic tasks and games yet due to theoretical limitations humans are assumed to be unbiased and rational, and that they have a full understanding of the concepts of risk and uncertainty. This abstract approach, let experiments results to ignore whether risk and uncertainty behavior is a result of informed decisions or not. Cognitive elements of decision making have been studied under risk and uncertainty using various paradigms via fMRI, EEG, fNIRS, EEG: these two concepts were associated with prefrontal cortex and amygdala, respectively. Because these studies use different stimuli in respect of context and cognitive load in their experiments, there is not a standard method that analyzes brain activity under risk and uncertainty comparably. This study includes comparable tasks for risk and uncertainty; the tasks used were designed with care and free from context to minimize the necessary cognitive load, and aims to reach behavioral and cognitive processes that are free from lack of computational power and/or context related biases. The study offers an experimental design with an fNIRS, to analyze risk and uncertainty processing, isolated from cognitive incompetency, and that tests the rationality of human cognitive decision making process.

Key Words: cognitive, decision making, economic, risk, uncertainty.

### 3. GİRİŞ VE AMAÇ

Bilişsel sinirbilimin tarihsel gelişimi, en basit deyişle “karar alma organı” olarak betimlenebilecek olan beyni kendisine inceleme konusu yapması nedeniyle, karar alma süreçlerini araştıran diğer disiplinlerde paralel gelişmelere neden olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri Kongresi 90’ları “Beyin Onyılı” ilan ederken davranışın beyin ile ilişkili kökenlerini araştıran disiplinlerin geliştirilmesi amaçlansa da bu girişim, bir yan ürün olarak sosyal bilimlerde ilerleme sağlanmasına yol açtı (1) ve sağlık bilimleri ile sosyal bilimler arasında köprüler kurulmasına aracılık etti.

Özellikle beynin yapılanması ve sinir ağları gibi biliş ve algı süreçlerinin açıklanmasına hizmet eden konuları araştıran nöroanatomi ile beyin işlevlerini inceleyen nörofizyoloji alanlarındaki gelişmeler, beyin görüntüleme sistemlerindeki ilerlemelerle birleşince yaşam bilimi kökenli “davranış bilimsel sinirbilim” dallarının filizlenmesine neden oldu. Fiziksel bir organ olarak beynin ötesinde, bilinç ve düşünce gibi somut olarak ele alınamayacağı düşünüldüğü için bilimin konusu dışına ötelenmiş kavramlar sosyal bilimlerde de araştırma konusu olarak bulmuş oldu. Ekonomi gibi davranış bilimleri karar alma modellerini etkin bir şekilde teste tabi tutabildikleri deney tasarımlarında beyni odak noktasına aldılar.

Bilişsel sinirbilimin, davranış bilimlerine göre daha karmaşık olması, öncül disiplinlerarası çalışmalarının ağırlıklı olarak açıklayıcı nitelikte olmasına neden oldu. Katılımcılara anket ya da bir deney uygulanırken beyin görüntüleme cihazlarıyla, beynin hangi bölgelerinin hangi içeriğe tepki verdiğinin araştırılması gibi var olan durumun kayıt altına alınmasına yönelik çalışmalarla sinirsel etkinliğin beyindeki yerinin haritalanması sağlandı (2, 3).

Karar almayı araştıran disiplinlerce toplanan birikimsel bilgi paylaşılmaya başlandıkça, gelişmeler yayıldı. Bilişsel sinirbilim de, özellikle psikoloji, ekonomi gibi davranış bilimlerinin deney tasarımları ile istatistik ve hesaplamalı bilimin veri analiz yöntemlerinden beslenerek gelişti. İnsan karar almasını araştırma konusu yapmış farklı disiplinler, sosyal fenomeni gözlemleyerek kendi teorilerini oluşturmuş, çeşitli yöntem ve teknikler geliştirmiş ve bunların üzerinden topladıkları verileri kendi modellerine uygun olarak işleyerek analizler yapmış olmasına rağmen,

çok disiplinli çalışmalar henüz insan karar almasını tüm sosyal ve bilişsel yönleriyle ortaya koyacak bütünleşik bir teori ortaya çıkaracak seviyede değildir.

21. yüzyılda bilişim teknolojilerinin artan bir ivme ile gelişmesi, ekonomik ve sosyal her alanda küreselleşme olgusunun yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bu zorlu dünyada aktörler çıktılarını eniyilemek için karşılaştıkları problemlerdeki risk ve belirsizlik olgularını ayrıştırabilmek ve ayrı ayrı işlemleyebilmek; akılcı karar alma yöntemleri uygulamak durumundadır.

Bu çalışma, risk ve belirsizlik problemlerinin beyindeki işleme süreçlerinin araştırılması ile insan karar alma süreçlerinin iyileştirilmesine destek olma amacını güder. Bu amaca hizmet için, davranışsal ekonomi ve bilişsel sinirbilim disiplinlerinden yararlanarak, insanların risk ve belirsizlik üzerindeki tercihlerini davranışsal ve bilişsel olarak incelemeye olanak sağlayacak deney tasarımları oluşturularak, disiplinler arası analiz yöntemleri ile insan karar almasında risk ve belirsizlik işleme sürecinin akılcılığı incelenmiştir.

Çalışma, kontrollü laboratuvar ortamında, katılımcılardan risk ya da belirsizlik içeren uyarılara cevap vermelerini isterken, eş zamanlı olarak prefrontal korteks aktivasyonlarını fNIRS cihazıyla kayıt altına almıştır. Genel Bilgiler bölümünde ayrıntılı bahsedileceği üzere, insan karar almasının bilişsel öğeleri daha önce fMRI (Functional Magnetic Resonance Imaging), EEG (Electroencephalography) , fNIRS (Functional Near-Infrared Spectroscopy) gibi farklı görüntüleme yöntemleri ve paradigmlar kullanılarak risk ve belirsizlik altında incelenmiş; bu iki kavram beynin farklı alt bölgeleriyle ilişkilendirilmiştir. Ancak önceki çalışmalar, deney tasarımlarında içerik ve bilişsel yük açısından farklı görev/oyun çeşitleri kullandıklarından, literatürde beyinde risk ve belirsizlik işleme sürecini karşılaştırılabilir olarak ölçümleyen ölçün bir yöntem bulunmamaktadır.

Bu çalışmada ise deney tasarımı, risk ve belirsizlik için karşılaştırılabilir görevler içermektedir. Kullanılan görevler problem çözme için gerekli bilişsel yükü hafifletmek adına basit ve içerikten bağımsız oluşturularak, verilen cevapların zihinsel hesaplama gücü yetersizliğinden kaynaklanabilecek tutarsızlıklardan veya

içeriğe bağılı sapmalardan bağımsız olarak analiz edilebilmesi hedeflenmiştir. Bu yöntemle, bireylerin sorulara cevap verirken risk ve belirsizlik kavramlarının ayırımına varıp varmadıkları gözlemlenebileceği gibi, risk ile belirsizlik algıları arasındaki ilişkiler de araştırılabilecektir. Çalışma, bu şekilde insan karar almasının bilişsel sürecinin usçuluğunu sınayan deney tasarımını bir fNIRS deneyi ile sunmaktadır. Çalışma ile sağlıklı yetişkinlerden toplanan davranışsal veri ve beyin verisinin ortak yorumu, önerilen tasarımın risk ve belirsizlik altında insan karar almasının rasyonelliğinin araştırılması ve bilişsel süreçlerdeki bireysel farkların ortaya çıkarılması için işlevsel olduğunu ortaya koymuştur.



## 4. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde risk ve belirsizlik altında karar alma üzerine yapılmış çalışmalar, ekonomi ve sinirbilim ile bunları birleştiren nöroekonomi literatürü üzerinden incelenecektir.

### 4.1. Ekonomi Arkaplanı

Ekonomik karar almanın teorik altyapısı ve yöntemlerine geçmeden önce karar almanın öğeleri ve karar alma sürecinden bahsetmek gerekir.

Karar almadan bahsedebilmek için ortada bir soru/sorun olmalı, karar alıcının birden fazla seçeneği olmalı ve karar alıcının çeşitli seçimleri, onu olası farklı kazanımlara götürüyor olmalıdır. Karar alıcı sorunu algılar, var olan bilgiyi kullanır ya da bilgi toplar ve geçmiş deneyimleri ile bunları yorumladıktan sonra bir yolu/davranış şeklini seçer.

Seçeneklerin karşılaştırılması ve olası çıktıların değerlendirilmesi ardışık iki basamak oluşturur (4).

İçsel seçim kriterlerinin yanında dışsal kısıtları da mevcut olabilir, karar alıcı sorunu bu kısıtlar altında değerlendirir ve seçim kriterlerine göre soruna en iyi çözümü veren yolu bulmaya çalışır.

Burada, herhangi bir karar sorununun matematiksel olarak yapılandırılabilir olduğunu varsayıyoruz, başka bir deyişle: problem bir (ya da daha fazla) amaca ulaşmak için belirli kısıtlar altında belirli değişkenlerin ağırlıklarını hesaba katan bir işlev şeklinde kavramlaştırılabilir, olası bir kazanımı en iyileme problemi şeklinde ortaya koyulabilir; olası kazanımların bireye kazandıracığı faydanın bilinir ve ölçülebilir olduğu varsayılmakta. Bu, klasik ekonomik karar alma sorusunun yapıtaşıdır.

Neoklasik ekonomik teoride karar alıcı olası tüm seçenekleri, onların gerçekleşme olasılıklarını ve onlara bağlı kazanımları önceden bilir yani tercihleri üzerinde tam bilgiye sahiptir ayrıca bu seçeneklerin her biri için diğer tüm

seçeneklerle karşılaştırdığında hangisini seçeceğini bilir, yani her seçenek ikilisine ait karşılaştırmalı tercihleri bilinç seviyesinde belirlidir (tercihlerin tamlığı) ve dahası tercihleri geçişlilik özelliğini sağlar (5).

Geçişlilik özelliği, karar alıcının herhangi bir A, B ve C seçeneği için,

- A'yı B'ye tercih etmesi ve
- B'yi C'ye tercih etmesi durumunda,
- A'yı C'ye tercih edecek olması çıkarımının geçerli olması ve
- bu durumun seçenekler evrensel kümesindeki tüm A, B ve C'ler için geçerli olması, anlamına gelmektedir.

Karar alıcı karar alması için gerekli tüm bilgi ve yetkinliğe sahip olarak, kendi çıkarımı en oklayarak seçimi yapar.

Tercihlerin tam olması (seçenek ikilileri arasında yapacağı tüm tercihlerin önceden belirli ve bilinir olması) ve geçişlilik koşullarını birlikte sağlayan tercihler, akılcılık (rasyonellik) ilkesine uyar. Tercihlerin akılcılığı altında, değerleme aşamasına bakalım.

Klasik teoride, olasılık teorisine dayanan Beklenen Değer teorisi değerlemenin kazanımların kendi olasılıklarıyla ağırlıklandırılması üzerinden yapıldığını, en yüksek olasılıkla en yüksek kazanımı verecek seçeneğin tercih edileceğini söyler (3, 6). Örneğin: 0.5 olasılıkla 10 TL, 0.5 olasılıkla 0 TL kazandıracak bir çekilişte ortalama kazanç 5 TL olacaktır.

Ancak bu model, karar alıcının riskleri farklı ancak beklenen değeri (ortalama kazancı) aynı olan iki seçenekten hangisini seçeceği konusunda bilgi vermez. Örneğin, karar sorusunun iki çekilişten birine katılma hakkı üzerinde olduğunu dşnelim. Birinci ekilişte %50 olasılıkla 10 TL, %50 olasılıkla 0 TL kazanma şansı olduğu, ikincisinde ise %100 olasılıkla (kesin) 5 TL ödeneceğini varsayarsak, beklenen değer ikisinde de 5TL'dir.

Bu durumda bireysel farklılıklar yani akılcılık ilkelerinin dışında kalan davranışsal farklılıklar devreye girmekte ve risk algısı yansız olan bireyler bu iki

seçenek arasında kayıtsız kalmakla birlikte, risk sever birey ilk seçeneğe yönlenebilmekte ve riskten kaçan birey ise ikinci seçeneği tercih etmektedir.

Bernoulli'nin Beklenen Fayda modeli, Von Neumann ve Morgenstern'in modele eklediği aksiyomlarla beraber bu bireysel farkların hesaba katılmasını sağlar.

Bu model kazanımların olasılıkları üzerinden ağırlıklandırılarak değerlendirilmesi yerine kazanımların bireye sağladıkları faydanın olasılıkları üzerinden ağırlıklandırılmasına dayanır, karar verici bu faydayı en yüksekleme amacını gütmektedir (7, 8).

Beklenen Fayda modelinde her bir çıktıya ait gerçekleşme olasılığının bilindiği varsayılmaktayken, Savage'ın Öznel Beklenen Fayda teorisinde ise nominal olasılıklar bilinse de bilinmese de insanların tüm çıktılara "kişisel" olasılıklar atadıklarını, bu olasılıkların kişiden kişiye değiştiğini söyler.

Burada faydanın öznel bir kavram olduğunu belirtmeye gerek yok ancak Ekonomi teorisinde akılcı-mekanik insan modelinden uzaklaşıldığının göstergesi olması açısından altı çizilmelidir.

Sonraki karar alma modeli olan Beklenti Teorisi bir psikolog olan Kahneman' aittir. Beklenti Teorisinde, baz alınan noktaya (başlangıç noktası) göre kazanımlar önem kazanır.

Burada karar alıcılar, kazanımların olasılıklarındaki azalan marjinal değişimlere dikkat eder. Birey olası kazanımlara göre değil, kayıp ve kazançlara atfettiği ağırlıklara göre tercih yapar (3).

Bu teoride, kazanımların en çoklanması gibi akılcı bir eylem amaçlayan birey yerine, çeşitli davranışsal kısayollar (heuristics) üzerinden karar alan gerçek hayata daha yakın bir birey modellenir. Davranışsal kısayollar, karar alma için bilinçli ya da bilinçaltı seviyesinde kullanılan stratejilerden oluşur (9).



Burada,

- bireyin kayıpların etkisini kazançlara göre daha güçlü hissediyor olması,
- tercihlerinin karar anındaki durumuna (genellikle baz alınan nokta) göre şekilleniyor olması,
- bir olayın gerçekleşme olasılığının sıfıra yaklaşmasıyla ona atfedilen ağırlıkların hızla azalması,
- olasılığı aynı olan iki riskli seçenek için, bunların çıktılarının kazanca ya da kayba yönelik olmasıyla o seçeneğe atfedilen olasılık ağırlığının değişmesi,

gibi durumsal ve davranışsal etkiler modelde salt akılcı karar alma davranışının yerini almıştır (6).

Risk kavramı, karar verme aşamasında, bir probleme ait tüm seçeneklerin ve onların getireceği tüm çıktılarının, o çıktılarının gerçekleşme olasılıklarıyla beraber biliniyor olduğu duruma işaret eder. Belirsizlik ise kararlar ile ilgili seçenekler, çıktılar veya olasılıklardan en az birinin bilinmediği durumları ifade eder (9, 10).

Örneğin, “Bu torbada 6 mavi, 4 beyaz top var, rasgele seçilen topun rengi ne olabilir?” sorusuyla karşılaşıldığında, torbadan 0.6 olasılıkla mavi, 0.4 olasılıkla beyaz renk çıkacağını hesaplanabilir, böylece daha yüksek olasılık olan mavi renk seçeneğini seçilebilir. Bu durumda risk hesaplanarak bir karar verilmiş olur.

Oysa “Bu torbada birkaç top var, torbadan rasgele seçilen bir topun rengini tahmin edin” ile karşılaşıldığında torbadaki topun renkleri (seçenekleri) ve sayısı (o seçeneklerin gerçekleşme olasılıkları) karar alıcı tarafından bilinmediğinden, herhangi bir sayısal hesap yapılamaz.

## 4.2. Sinirbilim Arkapları

Ekonomi disiplini duyguları karar alma problemine dahil etmekte geç kalsa da, bilişsel sinirbilim literatüre ileri görüşlü katkılar sağlamıştır.

Bechara ve Damasio'nun Somatik İşaret Hipotezi, insanların karar alma sürecine akılcılığın yanında duyguları da incelemeye katıyor olması bakımından Bilişsel Sinirbilim için bir kilometre taşıdır. Bu hipotez karar alma sürecinin, biyo-düzenleyici süreçler içerisinde oluşan, duygulanım ve his şeklinde ortaya çıkanlar dahil olmak üzere bir dizi işaretçi (geçmiş deneyimlerin hatırlanması sonucu oluşan) sinyal tarafından yönlendirildiğini öne sürer. Hipotezin üç ana öncülü vardır:

(i) insan karar alma süreci bazıları bilinçli olan, bazıları bilinç seviyesine ulaşmayan (ve erken duysal korteks tarafından kontrol edilen) çeşitli sinirsel etkinliklere dayanır;

(ii) bilişsel işlevler, içeriklerinden bağımsız olarak duygulanım, dikkat, çalışma hafızası gibi destek sistemlerine bağlıdır;

(iii) karar alma olaylar, insanlar, seçenekler ve bunların sonuçları hakkında bilginin varlığına dayanır ve bu bilgiler topografik yapılanma göstermeyen yüksek seviye korteks yapıları ile bazı subkortikal çekirdekçiklerde depolanır (11).

Dışarıda var olan durum ile içerideki biyo-düzenleyici süreçlerin ilişkilendirilmesi beyinde ventromedialprefrontal kortekste gerçekleşir, burada gerçekliğe ait algı ile onun oluşturduğu duygular ayrık değildir: Tekil olarak yalıtılamaz şekilde iç içe geçmiştir. Bu özellik, algı sürecinin geçmiş deneyimler sonucu oluşturulmuş olan duygularla dış gerçeklikten alınan duysal verinin harmanlanıyor olduğu olarak yorumlanabilir ve aynı uyarının farklı insanlarda farklı tepkilere yol açabiliyor olmasını açıklar.

Sağlıklı insanlarda vücut, bireyin geçmiş deneyimlerine dayanarak gerçekliğe bilinçaltı bedensel tepkiler üretir, böylece dışarıdan alınan bilgi duygularla harmanlanmış olur ve birey karar alması için daha fazla bilgiyi bir araya getirmiş olur (11).

Özellikle prefrontal korteks hasarı olan hastalar ise, duygular karar almaya dahil edilemediği için karar alma süreçlerinde öngörülebilir belirli sapmalar, yanlışlıklar göstermektedir(12, 13). Bu konu dahilinde hasta gruplarının sağlıklı bireylerden farklı davranışlarının nörolojik kökenleri çalışılabileceği gibi, sağlıklı bireylerin karar alma davranış kalıpları, teorik olarak sinirbilim altında bilişsel olarak da inceleyebilir.

İlk olarak Schneider ve Shiffrin tarafından öne sürülen karar almanın duygusal (otomatik) ve bilişsel (kontrollü) iki süreci: daha yavaş ancak bilinçli ve derinlemesine incelemeye yönelik düşünsel öge ile hızlı ancak biliçdışı ve o anki durumla ilgili otomatik oluşan duygusal öge, sırasıyla lateralprefrontal korteks, ventral sistem ve amigdala ile ilişkilendirilir. Duygusal süreç, bilinç seviyesinin altında gerçekleştiği için bireylerin bunun üzerinden aldıkları kararlara ilişkin öngörü ve açıklamaları yoktur. Bilişsel süreç ise adım adım mantıksal çıkarımlar ve hesaplamalardan oluşur ve bilinçli gerçekleştirilir (14).

Bu iki süreç anatomik olarak beynin farklı alt bölgelerinde gözlemlenebilir olsalar da bu onların tamamen ayrı oldukları anlamına gelmez, burada beynin sadece belli bir ölçüde modaliteye sahip olduğu not edilmelidir, bu iki süreç arasında karşılıklı etkileşim vardır.

Karar almanın sinirsel altyapısının anlaşılmasında prefrontal korteksin ayrıca incelenmesinde fayda vardır ve literatüre bakıldığında da ünlü Phineas Gage vakasından beri pek çok lezyon çalışması ile prefrontal korteksin alt bölgelerinin karar alma konusu ile ilgili olarak incelendiği görülür (11, 12).

Anatomik ayrımlara göre belirlenen bu alt bölgelerin karar almanın çeşitli öğeleri ile ilişkili olduğu pek çok çalışmada ortaya konmuştur, bunlardan ekonomik karar alma ile ilgili bazı önemli alt bölgeler şunlardır:

- Orbitofrontal korteks, kazanç elde etme dürtüsüyle, en iyiyi tahmin etmeyle ve genel olarak kazanç ve kayıp (olumlu ve olumsuz çıktı) ilgili durumlarla,
- Dorsolateralprefrontal korteks karar alma süreci için gerekli bilginin çevrimiçi ve bilinçli olarak işlenmesi, belirsizlik altında karar alma, hedefler ve

seçenekleri göz önüne alarak gelecek kazanımlara ait olasılıkların tahminlenmesinde görev alan çalışma belleği içinde,

- Anteriorsingulat korteks çatışma durumlarında ve kazanımlara ait işlemlerde,
- Frontopolar korteks ise koşula bağlandırılmış karar alma ve bireysel bilgi üretiminde, etkin görev alır (2, 12, 13, 15, 16).

Bahsi geçen alt bölgelerdeki hasarlar, karar almanın kendileriyle ilgili aşamalarında aksamalara neden olmaktadır. Örneğin,

- Orbitofrontal korteks ödül ve ceza içeren kararlarda anahtar rol oynar ve bu rol sadece kumar oynama, yatırım yapma gibi ekonomik kararlar için değil sosyal kabul görme ve övgü alma gibi soyut ödüllerde de geçerlidir,
- Dorsolateralprefrontal korteks çok sayıda kısıt altında sorun çözmeye yönelik karar alma sorularında baskın hale gelir: çıktığı ya da kazanç/kayıp durumunu etkileyecek başka aktörlerin varlığı nedeniyle yaşanan stratejik belirsizlik, kısıt sayısı, sorunun karmaşıklığı arttıkça dorsolateralprefrontal'de etkinlik artar,
- Anteriorsingulat korteks ise ilgili bilginin alt bölgeler arası taşınmasında aracılık görevi yapar, ani duygusal düzenlemeler yapılması gerektiğinde etkin olur ve çatışma seviyesi arttıkça etkinliği artar. Yani çok seçenekli sorularda, seçenek sayısı arttıkça seçenekler arasında kalma hissi artacağından, anteriorsingulat korteks etkinliği artar ve bu bölgelerdeki hasarlar bireyin karar almada zorlanmasına; var olan bilgi ile desteklememiş, rasgele kararlar almasına, karar ile ödül/ceza ilişkisini kuramamasına, risk ve belirsizlik içeren durumları ayırt edememesine, kararlarının gelecekteki sonuçlarını tahmin edememelerine, dürtüsel kararlar vermelerine neden olabilir (12, 13).

### 4.3. Nöroekonomi Arkapları

Beklenti Teorisi'ne gelene kadar, ekonomi teorisi insan davranışlarını akılcı varsaymış ve mekanik kurallara bağlamaya çalışmıştır.

Beklenti Teorisi ile beraber, karar almayı sadece risk üzerinden tanımlayan modellerin yerini, davranışsal ekonominin gelişimi ile beraber insanların hesaplama kısıtları, irade gücü gibi kavramlar deneylerle sorgulanmaya başlanmıştır (17).

Karar almanın davranışsal kökenlerinin araştırılmasında kullanılan ekonomik deney tasarımları başlıca üç kategoridedir:

(i) Ekonomi görevleri: Bireyin kazanımının ya da kazanç/kayıp durumun sadece kendi tercihlerinin çıktısı olduğu tasarımlar,

(ii) Ekonomi oyunları: Bireyin kazanımının, kendi tercihlerinin yanında rakip ya da yandaş başka oyuncuların davranışlarının sonucundan da etkilendiği tasarımlar,

(iii) Benzetimli ekonomi oyunları: Bireyin kazanımının, kendi tercihlerinin yanında rakip ya da yandaş bilgisayar benzetimlerinden oluşan oyuncuların davranışlarının sonucundan da etkilendiği tasarımlar.

Karar alma konusu incelenirken üç tip risk benzeri olgudan bahsedilebilir:

(i) Risk: Tüm kazanımlara ait bilinen ya da hesaplanabilir olasılık dağılımlarının bilindiği durum,

(ii) Belirsizlik: Olası kazanımların bazılarının bilinmediği ya da kazanımlara ait tüm olasılık dağılımlarının bilinmediği durum,

(iii) Stratejik belirsizlik: Bireyin kazanımının hem kendi hem başka oyuncuların (insan ya da bilgisayar benzetimi) tercihlerine bağlı olduğu durum.

Deneysel çalışmalar, yukarıda belirtilen ekonomik tasarımları kullanmışlar ve risk, belirsizlik ve stratejik belirsizlik altında karar alma davranışının genel bazı bilişsel yanlılıklar içerdiğini ortaya koymuşlardır.

Bunlardan bazıları:

- Temsil kısayolu yanlılığı: Sadece belli özellikleri bilinen bir X kişinin, bir A kümesine atfedilmiş bazı özelliklere sahip olmasının, onun A kümesine ait olma olasılığının herhangi bir B kümesine ait olma olasılığından fazla görülmesidir. Burada, bu çıkarımı rasyonelize edecek herhangi bir olasılıksal ilişki olmadığının altı çizilmelidir,

Örnek vermek gerekirse, gençliğinde takım elbise giyen ve gözlük takan birinin şu an bankacı mı itfaiye memuru mu olduğunun tahmin edilmesi istendiğinde, bankacı seçeneğinin seçilme sıklığının itfaiye memuruna göre fazla olması bu yanlılık sonucudur,

- Şans olgusunun yanlış anlaşılması kaynaklı yanlılık: Örneğin, hilesiz bir paranın 6 kere atılması ile H-H-H-H-H-H dağılımının elde edilmiş olma olasılığı, H-T-H-T-H-T dağılımınıninki ile eşittir. Oysa bu yanlılık, birinci dağılımın daha az olası olduğu sonucuna ulaştırır,

- Geçerlilik sanrısı: Takım elbise giyen gözlüklü kişinin bankacı grubuna ait olduğu sonucuna varan bireyin, başta bu sonuca varması için bir sebep olmasa da, bir kere bu yargıya varduktan sonra bunun geçerli bir çıkarım olduğuna inanmaya başlamasıdır,

- Bilgiye ulaşılabilirlik kökenli yanlılık: Örneğin, arkadaşlarından ikisi kalp krizi geçirmiş bir birey kalp krizinin görülme sıklığının gerçekte olandan yüksek olduğunu düşünebilir,

- Düzenleme ve çapalama yanlılıkları: Öncül bir tahminden başlayıp son tahmine doğru güncellemeler yapılarak ilerlendiğinde, bireyler yeterince güncelleme yapmadan tahmini sonlandırmaktadır.

Buna örnek olarak, iki ayrı gruba  $7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$  ya da  $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 7$  işlemlerinin cevabı sorulduğunda ikinci görselin verildiği grubun tahmin ettiği cevabın birinciye göre çok daha düşük olması verilebilir (18).

Görüldüğü üzere insan, usçu bir karar alıcı değildir; var olan, ulaşılabilir ve anlaşılabilir bilgiyi göz ardı ederek karar verebilir. Yukarıda belirtilenler haricinde günlük hayatımızda rastladığımız pek çok yanlılık vardır:

- çevresindekilerin çoğu inaniyor diye kararın doğru olduğuna inanmak,
  - öncül yargılarını onayan bilgilere daha çok ağırlık verip çürüten bilgileri görmezden gelmek,
  - eskiden aldığı kararları olduklarından daha isabetli hatırlamak,
  - kendini diğer insanlara oranla daha az yanlı görmek,
  - yakın zamanda maruz kaldığı zıt uyaran/bilgiler nedeniyle eskideki uyarıları/bilgileri görmezden gelmek,
  - nominal değeri küçük olan çok sayıda kağıt parayı harcarken aynı tutardaki bütün kağıt paranın harcanmamasına dikkat etmek,
  - sırf kendisine ait olduğu için yeni edindiği sıradan bir nesneye özdeşlerinden daha fazla parasal değer biçmek,
  - bilgisiz insanların bilgilerinin seviyesini fazla görüp bilgili insanların yetersiz görmesi durumu,
  - farklı sözcüklerle ifade edilen aynı bilgi karşısında farklı tepki vermek,
  - şansı (olasılığı) kontrol edebileceği yanılgısında olmak,
  - büyük miktarlar söz konusu olduğunda küçük farkları algılayamamak,
- bunlardan sadece birkaçı...

Bu yanlılıklardan bazıları karar alma sorusunun eksik bilgi ile çözülmeye çalışılıyor olması, bazıları ortalama insan beyninin yüksek matematiksel hesaplamalar yapamıyor olması gibi yapısal nedenlerle ortaya çıkarken bazıları var olan bilginin/örüntünün göz ardı edilmesi ve yine var olan yanlılıkların yok sayılması gibi gerçekte çözülebilmesi için önünde engel olmayan sorunsallardan kaynaklanmaktadır.

Bu tip yanlılıklara ait bilinç düzeyinde farkındalık yaratmak ve davranış kalıplarını değiştirmek yöntemiyle, insan karar alma süreçleri iyileştirilebilir ve hem

bireysel hem grup karar alması birey ve toplum çıkarlarını artıracak şekilde düzeltilebilir görünmektedir.

Karar almada yanlılık sorunsalına genel bir yaklaşım oluşturan çalışmalar literatürde yer almadığından, bu konu çalışmaya ve gelişmeye açık bir alandır. Gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalar için, deneysel yöntem kullanan davranışsal ekonomi disiplini ile yine bu deneylerin bütünleştirilebileceği araştırma tasarımlarına sahip bilişsel sinirbilim disiplinlerinin işbirliğinden doğan disiplinler arası bir yaklaşım -nöroekonomi dediğimiz yeni disiplin- etkin bir araç sunacaktır.

Bilişsel sinirbilim, ekonomi deneyleri sonucu ortaya çıkan davranışsal yanlılıkların araştırılmasında kullanılabileceği gibi, köksel teorik sorulara da yanıt verebilir: Ekonomik karar alma sürecindeki temel sorulara ışık tutabilir. Bunlar, ekonomik kararlarda kullanılan fayda kavramının yani bir nesneye atfedilen değerin sinirsel karşılığının bulunması, en iyileme sorularının beyinde nasıl çözümlendiği gibi sorulardır.

Korteks nesne ve kavramlara atfedilen öznel değerlerin topografik haritalanmasının yapıldığı yerdir, o nesne ile ilişkili olarak işteş atışlenen her bir sinir hücresi bu haritanın bir parçasıdır.

Örneğin, lateralintraparietal bölgedeki atışlenme frekansını inceleyen bir çalışmada: bir maymunun baktığı yer ile tercihini belirtmesi ve ödül kazanmasının tasarlandığı bir deney düzeneğinde, bu bölge olası her göz hareketine ait atfedilen öznel değeri haritalamaktadır. Böylece her bir bakışın maymun için değeri gözlemlenmiş olur. Maymun tercih yaptığı zaman bir nokta ve kısa mesafe çevresindeki tüm eksitatör bağlantılarının gücünün arttığı gözlemlenmiştir. Bunlar arasındaki tepe noktası en güçlüleridir ve bu aynı zamanda çevresindeki diğer noktaları baskılama gücünün de en yüksek olduğu anlamına gelir. Bu şekilde tepe noktası kendini besleyen bir süreçle yükselmeye devam eder. Bu tepe noktalarından biri topografik haritada kodlanmış biyo-fiziksel eşik değerini geçerse o tepe noktası bir kararın verilmesini sağlar (19). Bu en iyileme sorununun çözümünün sinirsel olarak ortaya konması demektir.



Sinirbilim literatürde risk ve belirsizlik altında bilişsel karar alma süreçlerini araştırmak için EEG, fNIRS, fMRI deneyleri yapılmış, uyaran olarak çeşitli ekonomi görev ve oyunları kullanılmıştır. Bu uyaranlar, yapısal farklılıklarının bir sonucu olarak, risk ve belirsizliği farklı içeriklerde ve farklı zorluk seviyelerinde aktarmakta; risk ve belirsizliğin farklı öğelerine yoğunlaşmaktadır.

Risk ve belirsizliği incelemek için kullanılan uyaranların çeşitliliğini birkaç örnek üzerinden inceleyelim.

- Christopoulos ve diğ., fMRI kullandıkları risk çalışmasında, katılımcılardan ekranda sayılar olarak görselleştirilen riskli ve risksiz alternatifler arasından seçim yapmalarını isteyerek risk farkındalığını nesnel ve öznel risk üzerinden araştırmıştır (20).

- Nesnel risk, nominal riske gönderme yaparken; öznel risk bireylerin o nominal değere atfettikleri risktir ve bireyin risk farkındalığından etkilenir. Akılcılık, nominal riski gerçek risk olarak işleme almayı gerektirse de, algısal farklılıklar öznel risk oluşumuna neden olur.

- Sanfey ve diğ., ultiatom oyunu kullanarak yaptıkları belirsizlik altında karar almayı inceleyen fMRI çalışması yapmış ve ekranda görselleştirilen sayılar üzerinden oyun yanında, karşıdaki insanı temsil eden fotoğraflar kullanarak akılcı kararlardan sapmaları çalışmıştır (21).

Ültimatom oyununda, birinci oyuncu belli bir tutarı iki kişi arasında nasıl pay edeceğine karar verir ve diğer oyuncuya ona vermeyi düşündüğü tutarı bildirir: eğer ikinci oyuncu bu tutarı kabul ederse iki oyuncu da belirlenen tutarların sahibi olur, ikinci oyuncu kendisine teklif edilen tutarı kabul etmezse iki oyuncu da hiçbir şey kazanamaz. Bu oyunda ikinci oyuncu için akılcı davranış, hangi tutar teklif edilmiş olursa olsun kabul etmektir. Oysa bu tip oyunlarda, davranışları eşitsizlik farkındalığı, adaletsizliğe protesto gibi öncelikler belirleyebilmektedir.

- Cazzell ve diğ., gerçekleştirdikleri fNIRS çalışmalarında, Balon Analog Risk Testi kullanmışlardır. Bu test, şişirilebilen balon görseli (daha büyük balon, daha yüksek getiri ancak aynı zamanda daha yüksek patlama olasılığını ifade

edecek şekilde) üzerinden aktif (katılımcı seçimiyle) ve pasif (bilgisayar seçimiyle) şekilde basamak basamak balonun şişirilme kararı verilmesi ve balonu patlatmadan en yüksek kazanca ulaşmayı hedefleyen bir risk görevidir (22).

Bunların yanında, kesin kazanç içeren seçeneklerin yanında, çeşitli gerçekleşme olasılığı yelpazeleri kullanarak oluşturulan riskli seçenekler ve belirsizlik içeren seçeneklerin de bulunduğu; kullanılan sayıların büyüklüğü açısından da farklı bilişsel yük yaratan tasarımlar bulunmaktadır.

- Merzhanova ve diğ., EEG çalışmalarında yeşil (%100 olasılıkla gerçekleşecek, kesin kazanç seçeneği) ve kırmızı (%0, 10, 25, 50, 75 ve 100 olasılıklarından biriyle gerçekleşecek olan, riskli seçenek) daireler içine yerleştirilmiş sayılar kullanarak riskle ilişkili ödülleri araştırmışlardır (23).

- Hewig ve diğ., fMRI ile risk kavramını çalışmış: İskambil kartı görselleri üzerinden katılımcılara 21(kart oyunu)'in bir benzerini oynatmışlar, her el sonunda karşıdaki oyuncunun eli katılımcıya gösterilerek, kart almaya devam etseydi kazanıp kazanmayacağı hakkında geribildirim verilmiştir (24). Geribildirim alındığında, katılımcının kazanç ya da kayıp durumuna göre kendine güveni etkilenebileceğinden, takip eden görevlerdeki davranışlarının bu geribildirimden etkilenebileceği unutulmamalıdır.

Ayrıca, risk ve belirsizliği farklı arkaplanlarda inceleyerek onların alt öğelerini ve insan karar almasında görülen davranışsal yanlılıkları çalışan araştırmalar da bulunmaktadır:

- Huettel ve diğ., gerçekleştirdikleri fMRI çalışmasında sırasıyla %100, %75 ve %25, %50 gerçekleşme olasılıklarına işaret edecek şekilde; bütün, 1/4-3/4 ayrılmış, ikiye bölünmüş daireler içine yerleştirdikleri sayılarla, riskli-kesin, riskli-riskli, belirsizlikli-kesin, belirsizlikli-belirsizlikli seçenekler üzerinden risk ve belirsizlik çalışmış, her seçim sonucunda katılımcıya çıktı hakkında geribildirimde bulunmuştur (25).

- Kuhnen ve Knutson fMRI çalışmalarında, riskli seçeneği temsil etmesi için hisse senedi ve kesin kazançlı seçeneği temsil etmesi için hazine bonusu

seçenekleri kullanarak ve seçim sonucu katılımcıya getiriler hakkında geribildirimde bulunarak finansal risk alma konusunu çalışmışlardır (26).

Katılımcıların bahsi geçen finansal ürünleri tanınması ve nasıl çalıştığını biliyor olması gerekmekte ancak finansal okuryazarlık, insanların akılcı karar almasını sağlamamaktadır.

- Venkatraman ve diğ., ilk aşamasında 5 farklı riskli seçenek sundukları, ikinci aşamada 5 seçeneğin aralarından iki seçeneğin koşullarının değiştiği ve katılımcıya her durum için kararlarını gözden geçirme hakkı tanıdıkları bir fMRI risk çalışması gerçekleştirmişlerdir (27). Bu şekilde, risk kavramını dinamik bir düzencele ele almışlardır.

- De Martino ve diğ., hem kazanç hem kayıp çerçevesinde sundukları bahis oyunları ile risk kavramını fMRI üzerinden çalışmış, kazanç ve kayıp içeren görevlerde kullandıkları sayılar aynı olsa da, riski işlemleyen bilişsel sürecin farklı olmasını, çıktılarının kayıp ya da kazanç şeklinde çerçevelenmesinin etkisi olarak ortaya koymuşlardır (28).

- Polezzi ve diğ., EEG çalışmalarında çekiliş kavramı kullanmış: Riskli seçeneklerde kazanç (pozitif ödül) ve kayıp (negatif ödül) kullanarak risk farkındalığı üzerinde durmuş ve seçimlerinin sonuçları hakkında katılımcılara geribildirim vermişlerdir (29).

- Paulus ve diğ., iki seçenekli bir tahmin oyunu kullanarak (araba sağda mı solda mı belirecek) belirsizlik çalışmış, verilen bir önceki cevap ve o karara ait çıktının gelecekteki seçimlere etkisine ve bir yöndeki (sağ ya da sol) seçeneği seçme eğilimi nedeniyle oluşan yanlılıkları araştırmışlardır (30).

- Hsu ve diğ., fMRI çalışmalarında, hem risk ve belirsizliği hem de ikinci bir oyuncu ekleyerek sundukları oyunlarla stratejik belirsizliği araştırdıkları kapsamlı bir çalışma yapmıştır (31).

Bunlar gibi pek çok ekonomi ve sinirbilim çalışması sonucunda, çeşitli beyin alt bölgeleri ekonomik karar alma süreçleriyle ilişkilendirilmiştir ancak nöroekonomi

literatüründe risk ve belirsizlik işlemlerini karşılaştırılabilir şekilde ve bilişsel-davranışsal sapmaları yalıtarak gözlemleyebilen ölçün bir tasarım henüz yer almamaktadır.

## **5. MATERYAL VE METOT**

### **5.1. Amaç**

Bu çalışmanın amacı, bilişsel hesaplama yetersizliğinden kaynaklanabilecek tutarsızlıklardan veya içeriğe bağlı sapmalardan ayrıştırılmış şekilde risk ve belirsizlik davranışlarının gözlenmesi ve bilişsel sürecin kayıt altına alınması yoluyla, insan karar almasının usçuluğunu sınavacak ekonomi ve sinirbilim disiplinlerinin literatürüne uygun ve işlevsel bir deney tasarımı oluşturmaktır.

Çalışmada, ekonomi görevleri ve fNIRS cihazı kullanılarak oluşturulan tasarım ve paradigma, bir laboratuvar deneyi ile test edilmiştir.

### **5.2. Kısıtlar**

Deney, İstanbul Medipol Üniversitesi Mega Hastanesi'nde bulunan fNIRS laboratuvarında gerçekleştirilmiş, deneye gönüllük esasına göre; 8 katılımcı (1 kadın, 7 erkek, 18-25 yaş) dahil edilmiştir.

Katılımcılara gönüllü onam formu imzalatılmış, istedikleri zaman deneye son verebileceklerinin bilgisi verilmiştir.

Katılımcıların psikiyatrik veya nörolojik hastalık tanısı olmadığı, herhangi psikiyatrik veya nörolojik ilaç kullanmadığı beyan olarak alınmıştır.

Davranışsal ve bilişsel veri toplanması için, deney düzeneği E-Prime 2.0 Professional yazılımı ile hazırlanmış; fNIRS ölçümleri için NIRSCout Extended (NIRx Medical Technologies, LLC. LosAngeles, California) kullanılmıştır.

Oksihemoglobin ve deoksihemoglobin yoğunluğundaki değişiklikler NIRStar Acquisition yazılımıyla kayıt altına alınmış ve nirsLAB ve Matlab (The MathWorks) ile analiz edilmiştir.

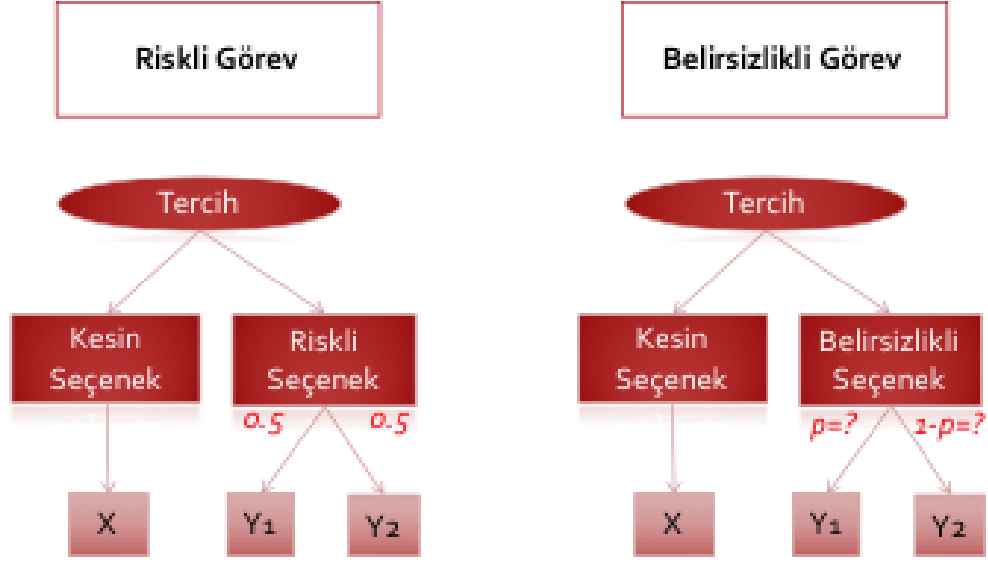
İstatistiksel analiz, SPM8: Statistical Parametric Mapping ve MS Office Excel yazılımları ile gerçekleştirilmiş, çıktılar bunlar üzerinden görselleştirilmiştir.

### **5.3. Deney Tasarımı**

Deneyde bir tarafta kesin ödeme içeren seçenekle, diğer tarafta risk (Riskli görev) ya da belirsizlik (Belirsizlikli görev) içeren seçenek verilmiştir. Deney tasarımı ve görevlerin görselleştirilme şekli ile hem risk hem belirsizliğin arkaplanda bir içeriğe bağlamadan ve katılımcı için ağır hesaplamalar gerektirmeden incelenmesi amaçlanmıştır. Deneyde 18 riskli, 18 belirsizlikli olmak üzere 36 görev kullanılmıştır. Riskli ve belirsizlikli seçeneklerde kullanılan sayılar aynıdır: 18 riskli görevdeki sayılar aynen kullanılarak 18 belirsizlikli görev oluşturulmuştur. Görevlerde yer alan tüm sayılar çifttir ve kullanılan en yüksek sayı 32'dir.

Görevlerde kavrama kolaylığı açısından, olasılıklara göre bölünmüş daireler kullanılmıştır. Daireler renklerle farklılaştırılmış, görevlerin görselleştirilmesi için ekranda dikkat dağıtmayacak opak renkler kullanılmıştır. Renkler (leylak/sarı), ekrandaki konum (sağ/sol), seçenek türü (riskli, belirsizlikli, kesin) rastlantısal düzenlenmiştir ve görevler erkana rastgele sıra ile verilmiştir.

Katılımcılar ekranda her görev için tercihini klavyedeki 1 ya da 2 tuşlarına basarak göstermektedir. Amaç her görevde en yüksek puanı almaktır, deney sonunda 36 görevden biri rasgele seçilerek, katılımcılardan hangisi o görevde en yüksek kazanç elde etmişse o galip olacaktır. Riskli ve belirsizlikli görevlerin akış şeması Şekil 5.3.1.'de verilmiştir.

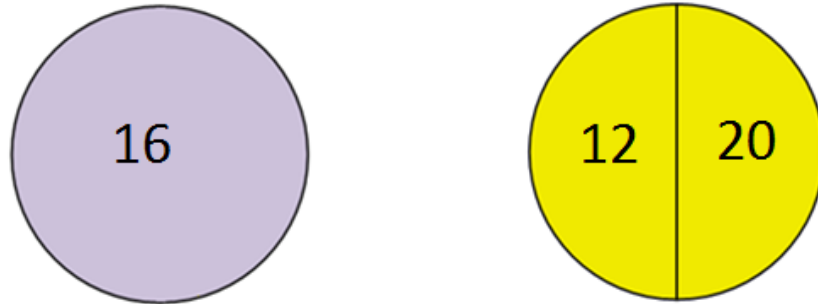


Şekil 5.3.1. Riskli ve belirsizlikli görevlere ait akış şeması

Riskli görevde, kesin seçeneği seçilirse o görsel üzerinde yazan kadar puan (X) kazanılacaktır; riskli seçenek seçilirse %50 olasılıkla görsel üzerindeki rakamlardan biri (Y1), %50 olasılıkla diğeri (Y2) kazanılacaktır.

Belirsizlikli görevde ise, kesin seçeneği seçilirse o görsel üzerinde yazan kadar puan (X) kazanılacaktır; belirsizlikli seçenek seçilirse bilinmeyen bir olasılıkla (p) görsel üzerindeki rakamlardan biri (Y1), 1-p olasılıkla diğeri (Y2) kazanılacaktır. Olasılıklar verilmemiştir.

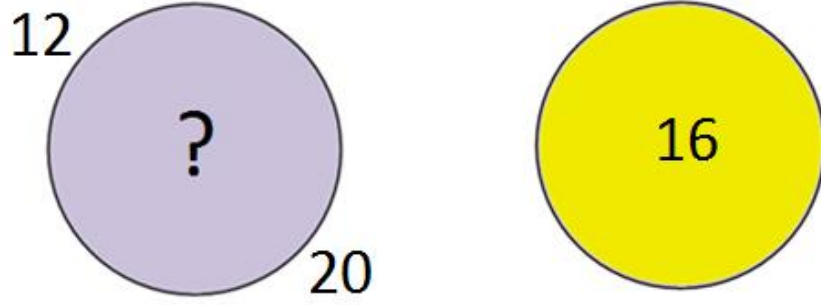
Aşağıda verilen görsel, deneyde kullanılan bir riskli görev örneğidir.



Şekil 5.3.2. Riskli görev örneği

Şekil 5.3.2.'de, kullanıcı %100 olasılıkla 16 puan almak ve %50 olasılıkla 12 puan, %50 olasılıkla 20 puan almak arasında tercih yapacaktır. Burada iki seçenekte beklenen değerler (ortalama kazançlar) eşittir: Kesin seçenek 16 iken, riskli seçenek:  $12 \cdot 0.5 + 20 \cdot 0.5 = 16$ 'dır. Kazanılacak en yüksek ve en düşük puan arasındaki fark ise,  $20 - 12 = 6$ 'dır.

Aşağıda verilen görsel, deneyde kullanılan bir belirsizlikli görev örneğidir.

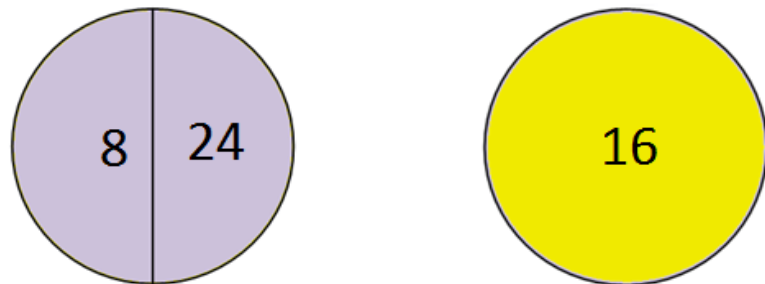


Şekil 5.3.3. Belirsizlikli görev örneği

Şekil 5.3.3.'te, kullanıcı %100 olasılıkla 16 puan almak ve bilinmeyen olasılıklarla 12 puan, ya da 20 puan almak arasında tercih yapacaktır. Burada, belirsizlikli seçeneğe ait nesnel bir beklenen değer hesaplanamamaktadır.

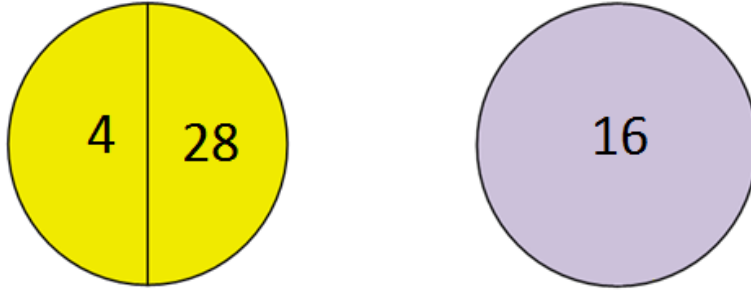
Deneyde farklı görevlerde kesin seçenek değiştirilmeden bırakılarak, belirsizlikli ve riskli seçeneklerdeki sayılar beklenen değer aynı olacak şekilde ancak kazanılabilecek en yüksek ve en düşük puan arasındaki fark artıp azalacak şekilde değiştirilmiştir. Burada amaç, farklı risk tutumlarına sahip katılımcıların tercihlerinde en yüksek-en düşük kazanç farkından kaynaklanan değişiklikleri gözlemlemektir.

Örneğin Şekil 5.3.4.'teki görselde beklenen değer her iki seçenekte de halen 16 olmasına rağmen, kazanılabilecek en yüksek ve en düşük değer arasındaki fark artık:  $24-8=16$  olmuştur.



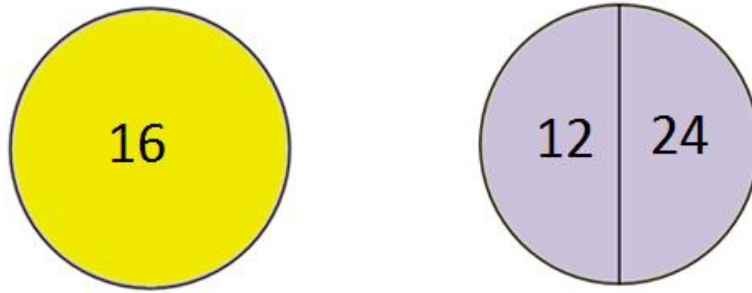
Şekil 5.3.4. En düşük-en yüksek arası kazanç farkı değişimine örnek görev 1

Benzer şekilde, Şekil 5.3.5.'teki görselde beklenen değer her iki seçenekte de halen 16 olmasına rağmen, kazanılabilecek en yüksek ve en düşük değer arasındaki fark artık:  $28-4=24$  olmuştur.



Şekil 5.3.5. En düşük-en yüksek arası kazanç farkı değişimine örnek görev 2

Görevlerde, kesin seçenekteki puan sabit tutularak karşısındaki risk ya da belirsizlik seçeneğine ait beklenen değer de değiştirilmiştir. Burada örneklenen görevlerde amaç, ortalama kazanca göre davranışlarını değiştiren katılımcıların tercihlerini gözlemlemektir. Şekil 5.3.6.'daki görselde, kesin seçeneğin beklenen değeri hala 16 iken, riskli seçeneğin beklenen değeri  $12 \cdot 0.5 + 24 \cdot 0.5 = 18$  olmuştur.

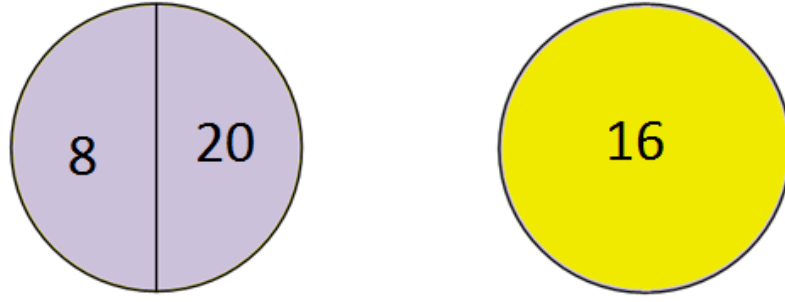


Şekil 5.3.6. Seçenekler arası beklenen değer farkına örnek görev 1

Bazı insanlar ortalama kazanca bakarken, bazıları ortalama kazançtan bağımsız olarak, kazanabilecekleri en yüksek-en düşük puanlara bakıyor olabilir. Bu tip davranışları gözlemlemek için riskli seçeneğin beklenen değerinin kesin seçeneğin beklenen değerinden düşük olduğu görevler de kullanılmıştır.

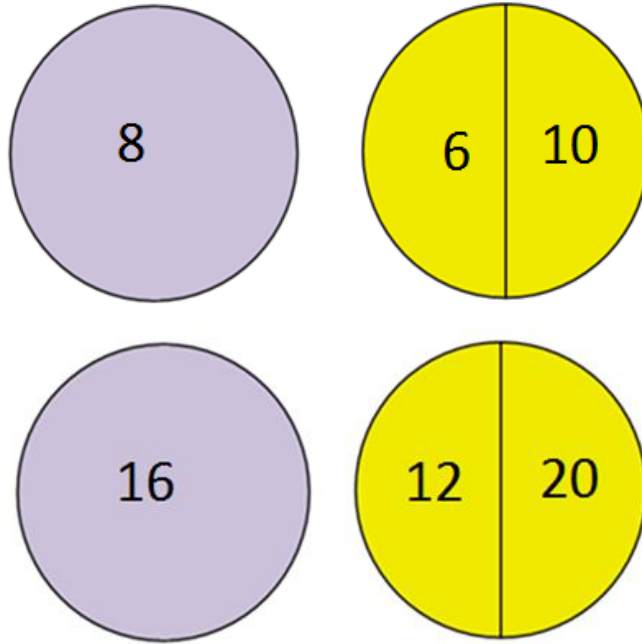
Şekil 5.3.7.'deki görselde, kesin seçeneğin beklenen değeri 16 iken, riskli seçeneğin beklenen değeri  $8 \cdot 0.5 + 20 \cdot 0.5 = 14$  olmuştur. Ancak riskli seçenekte kazanılabilecek en yüksek puan, 20, kesin seçenektekinden, 16, yüksektir.





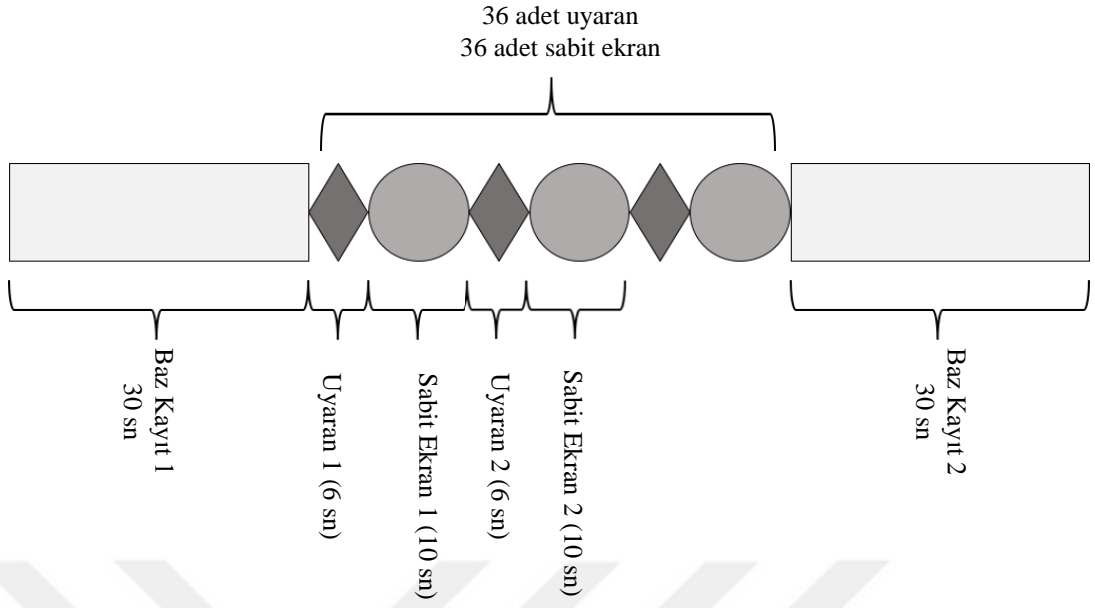
Şekil 5.3.7. Seçenekler arası beklenen değer farkına örnek görev 2

Kesin seçeneğinde 16 puan bulunan 9 risk ve 9 belirsizlik görevi olmak üzere 18 görev vardır. Bunun yanında, 16'lı seçeneklerdeki sayılar oransal olarak küçültülerek, kesin seçeneğinde 8 bulunan 9 adet risk ve 9 adet belirsizlik görevi tanımlanmıştır. Şekil 5.3.8.'deki görsellerde verilen örneklerdeki amaç, sayılar büyüyüp küçüldükçe bilişsel yükteki dolayısıyla gerçekleşen farklılıkları gözlemlemektir.



Şekil 5.3.8. Görevlerde kullanılan sayıların büyüklüğüne göre görev örnekleri

Davranışsal yanıtların yanında, fNIRS ile deney öncesi ve sonrasında 30'ar saniye baz (dinlenme durumu) kaydı alınmıştır. Her uyarın 6 saniye ekranda kalmıştır; her uyarın sonrası 10 saniye sabitleme ekranı (sabit ekran, beyaz renk) kullanılmıştır. Şekil 5.3.9 çalışmada kullanılan blok tasarımını göstermektedir.



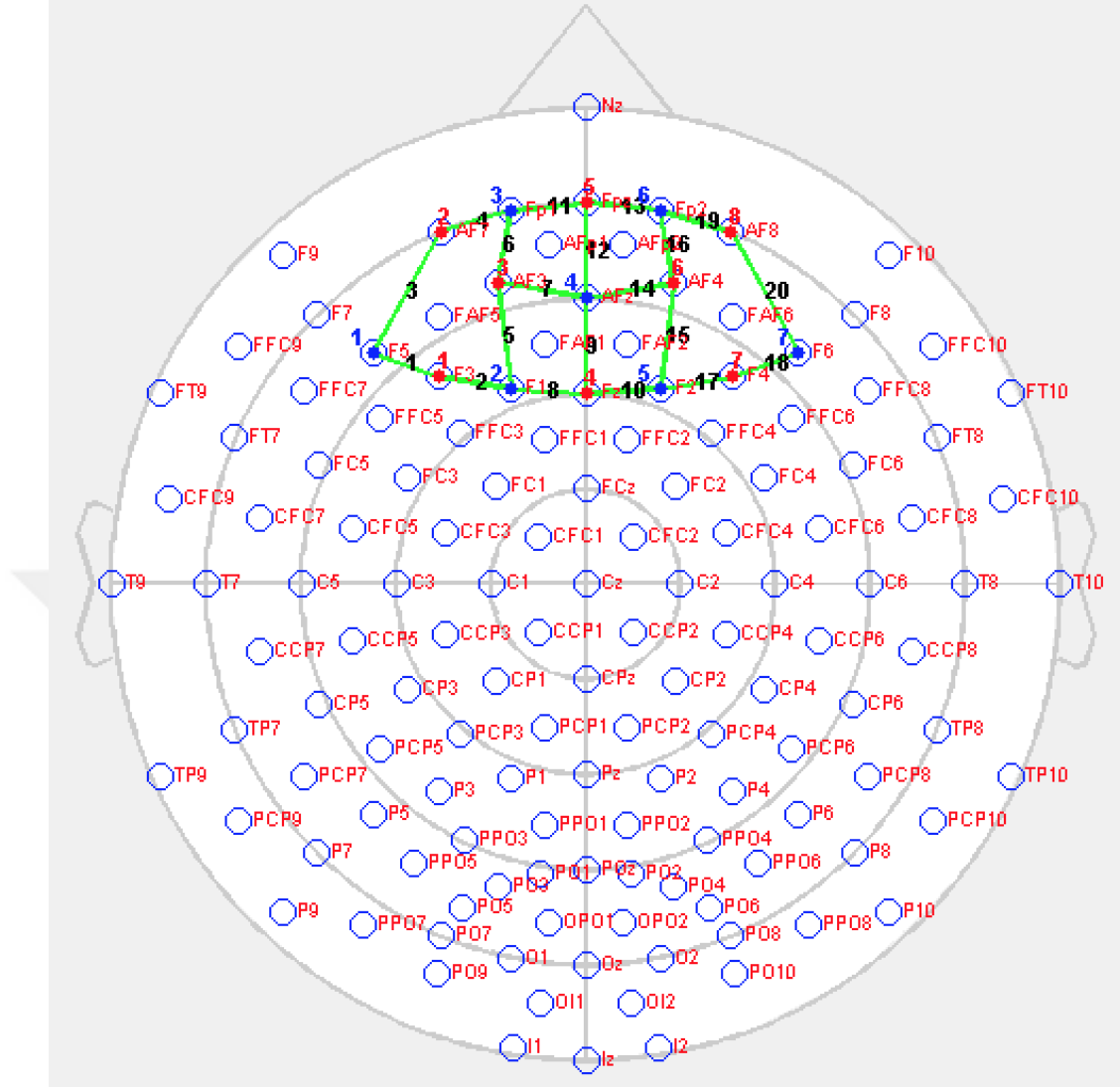
Şekil 5.3.9. Blok tasarımı

#### 5.4. fNIRS Düzenegi

Çalışmada katılımcılara NIRS başlığı giydirilerek, loş ışıkta kayıt alınmıştır.

EEG 10-20 sistemine göre bilateral prefrontal korteks üzerine (AF7, FP1, FPZ, FP2, AF8, AF3, AFZ, AF4, F5, F3, F1, FZ, F2, F6) konumlandırılmış optotlar (8 kaynak, 7 alıcı) ile 20 kanal oluşturulmuştur.

Şekil 5.4.1'deki görsel, optot düzenini iki boyutlu olarak göstermektedir.



Şekil 5.4.1. EEG 10-20 sistemine göre optot düzeneği

Oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyon değişiklikleri modifiye Beer-Lambert kanunundan temel alınarak hesaplanmıştır (32).

Oksihemoglobin için absorpsiyon koefisyanları ( $\mu a$ ) 760 nm için 1.486 mM-1cm-1, 850 nm için 2.526 mM-1cm-1; deoksihemoglobin için absorpsiyon koefisyanları 760 nm için 3.843 mM-1cm-1, 850 nm için 1.798 mM-1cm-1 şeklinde kullanılmıştır (33). Işığın differential path-length faktörü ise 760 nm için 7.25, 850 nm için ise 6.38 olarak seçilmiştir.

Oksihemoglobin ve deoksihemoglobin konsantrasyon değişimleri toplam 20 kanal için ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ham veri, artefaktların düzeltilmesi, istenmeyen zaman serilerin silinmesi, frekans filtreleme işlemini içeren ön işleme sürecinden

geçirilmiştir. Frekans filtreleme işleminde kardiyak ve respirasyon gürültülerinden kurtulmak amacıyla band pass filtre (düşük kesme frekansı: 0,01 Hz, yüksek kesme frekansı: 0,2 Hz) kullanılmıştır.



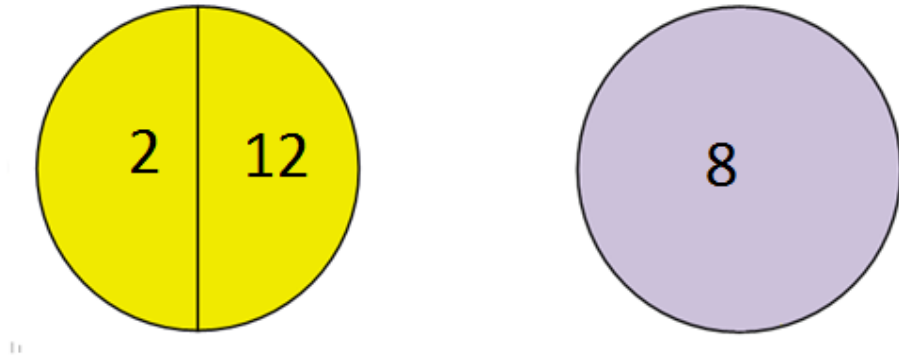
## 6. BULGULAR

### 6.1. Davranışsal Bulgular

Tüm katılımcıların tek tek ve grup olarak bazında risk ve belirsizlik görevlerine cevap verme süresi ortalamaları, çift kuyruklu Man Whitney U testi ile incelenmiş, 0.05 anlamlılık seviyesinde hiçbir katılımcıda, ayrıca grup olarak istatistiksel anlamlı bir fark görülmemiştir (Katılımcı grubu için Man Whitney U testi analiz sonuçları: Z değeri -0.1592, risk görevleri ortalaması 3,27 saniye, belirsizlik görevleri ortalaması 3,24 saniye).

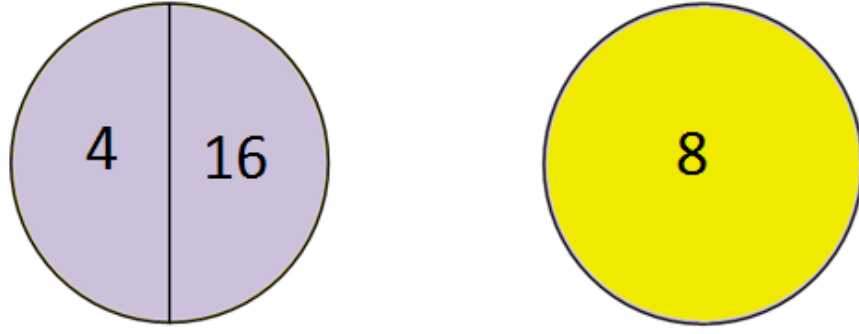
Katılımcıların risk görevlerindeki seçimleri ayrı ayrı incelenerek, davranışlarının usçuluğunu ortaya koymak adına seçimler karşılaştırılmıştır. Burada usçuluktan kasıt, tercihlerin kendi içinde tutarlılığıdır.

Örneğin şekil 6.1.1'deki A görevinde riskli seçeneği (2/12) seçen birey, %50 olasılıkla 2, %50 olasılıkla 12 puan almayı (yani ortalama 7 puan almayı) 8 puanlık bir kesin kazanca tercih ettiğini ortaya koymuştur.



Şekil 6.1.1. Tercihlerin tutarlılığına örnek A

Bu bireyin Şekil 6.1.2'deki B görevi ile karşılaştığında yine riskli seçeneği (4/16) seçmesini bekleriz çünkü bu seçenek %50 olasılıkla 4, %50 olasılıkla 16 puan (yani ortalama 10 puan) kazanmayı öngörmektedir.



Şekil 6.1.2. Tercihlerin tutarlılığına örnek B

A ve B örneklerinde kesin kazanç tutarı 8 olarak aynı kalırken hem kazanılabilecek en düşük tutar 2'den 4'e çıkmış hem de kazanılabilecek en yüksek tutar 12'den 16'ya yükselmiştir. Böylece olası ortalama kazanç da, 7'den 10'a çıkmıştır. Dolayısıyla bireyin karar yöntemi ne olursa olsun (riskli seçenekte kazanacağı en düşük tutara göre, riskli seçenekte kazanacağı en yüksek tutara göre, riskli ve kesin seçeneklerin ortalama kazançlarına göre, riskli seçenekteki en yüksek tutarla en düşük tutar arasındaki farka göre) B örneği, A'dan daha kazançlıdır.

Bu durumda, A örneğinde riskli seçeneği seçmiş bireyin, B örneğinde kesin kazanç seçeneğini seçmesi, kendi karar mekanizmasıyla –o mekanizmanın ne olduğundan bağımsız olarak- çeliştiğini göstermektedir.

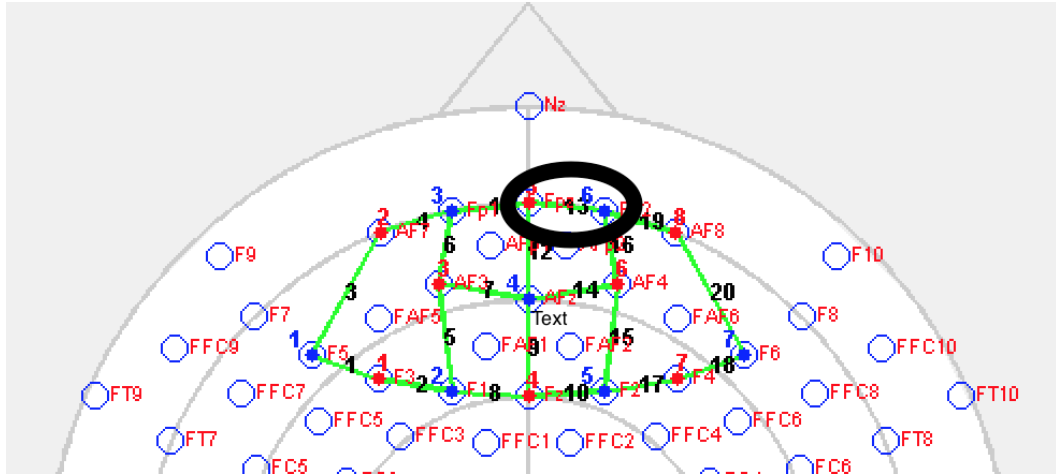
Bu mantıkla tüm risk görevleri üzerinden 16 adet kriter tanımlanmış ve tüm katılımcıların davranışsal verileri bu kriterlere göre sınıflandırılmıştır. Bu kriterlere uyan her çelişkili davranış, 1 puan ile gösterilerek katılımcıların rasyonellikleri sınıflandırılmıştır. Katılımcılar arasında uç noktalarda: %0 çelişkiye sahip olan bir katılımcı (Birinci Katılımcı) ile %18.25 çelişkiye sahip bir başka katılımcı (İkinci Katılımcı) dikkat çekmektedir.

## 6.2. fNIRS Bulguları

nirsLAB programı ile bütün katılımcıların (n=8), veri alınan bütün kanallarında (n=20) deney görevleri (n=2) görevleri sırasında oksihemoglobin konsantrasyon değişimine ( $\Delta\text{HbO}_2$ ) bakılmıştır.

$\Delta\text{HbO}_2$  genliğinin genel olarak 5 ve 16 saniyeler arasında maksimum değerde olduğu tespit edilmiş ve MATLAB programı ile bu aralığın ortalama değerinden uyarın öncesi 5 saniye boyunca gerçekleşen  $\Delta\text{HbO}_2$  çıkarılarak her bir kanal için her bir uyarının kendi uyarın öncesi durumuna göre gerçekleşen artış miktarı hesaplanmıştır.

Bunun sonucunda, görevler risk ve belirsizlik durumları için iki ayrı gruba ayrılıp, 36 tane uyarın öncesi 5 saniye ve sonrası 16 saniye olmak üzere toplamda 21 saniye içindeki hemodinamik yanıtın değişimi incelenmiştir. Tüm kanallar için  $p < 0.05$  anlamlılık seviyesinde çift kuyruklu Wilcoxon Sum Rank test uygulanmış (n=8), sadece Kanal 13'te (Bknz: Şekil 6.2.1) iki grup arası anlamlı fark görülmüştür (Hesaplanan W-değeri=2.5 > Kritik değer= 3).



Şekil 6.2.1. Kanal 13

Ayrıca katılımcı bazında risk ve belirsizlik görev grupları hem Wilcoxon Sum Rank hem Mann whitney U testleri (çift kuyruklu,  $p=0.05$ ) ile incelenmiş, hiçbir katılımcıda istatistiksel anlamlı bir fark görülmemiştir.

Belirsizlik ve Risk görevleri sırasında serebral hemodinamik aktivitelerini ölçmek için model-bazlı istatistiksel bir Genel Doğrusal Model analiz yöntemi kullanılmıştır. Genel Doğrusal Model analizi, verilen bir görev sırasında hangi kortikal alanların aktive olduğunun belirlenmesi için son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır (34). Genel Doğrusal Model serebral hemodinamik aktiviteye ilişkin veriyi, açıklayıcı bir değişkenin ve buna ek olarak bir hata teriminin doğrusal bir kombinasyonu açıklayan istatistiksel doğrusal bir modeldir.

Genel Doğrusal Model mutlak bir büyüklükten ziyade, sinyalin zamansal varyans örüntüsünü ölçer. Genel Doğrusal Model analizinde, hemodinamik yanıt fonksiyonu görev sırasında oksihemoglobin sinyal değişimini tahmin eden bir model olarak tasarlanmıştır. Genel Doğrusal Model aşağıdaki denklem şeklinde tanımlanabilir:

$$z(t) = \beta f(t) + \varepsilon \quad (1)$$

$$f(t) = h(t) \otimes s(t) \quad (2)$$

Birinci denklemde  $z(t)$  ölçüm alınan her bir kanalda oksihemoglobinin zamansal profilini göstermektedir. İkinci denklemde,  $f(t)$  ise göreve özgül yanıtı ve ölçülen sinyal profilinin beklenen profil ile ne kadar uyduğunu tahmin eder.  $H(t)$  hemodinamik yanıt fonksiyonunu ( $hrf$ ),  $s(t)$  ise bir görev için uyarana özgül boxcar fonksiyonunu gösterir.  $\beta$  oksihemoglobin değişim genliğinin tahmini iken,  $\varepsilon$  (hata katsayısı) gerçek veri ile model arasındaki uyumsuzluk nedeniyle meydana gelen kalıntıyı ifade eder.

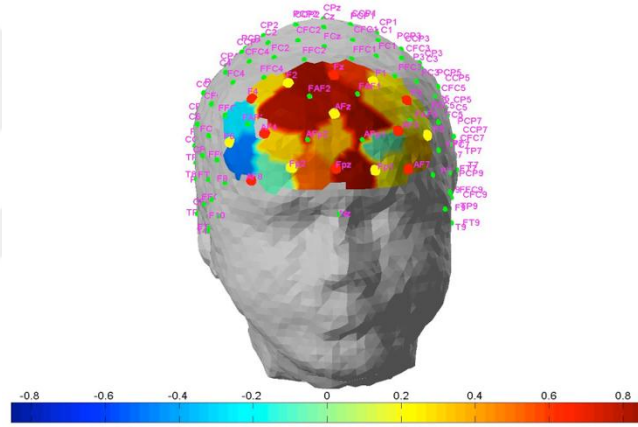
Denklem 1 aracılığıyla, her katılımcı için her bir kanaldan alınan  $\Delta HbO_2$  zamansal profili hesaplanmış olup, böylece (i) tahmini genlik, (ii) bu genliğin varyansı ve (iii) her bir kanal için istatistiksel açıdan anlamlı olan beyin aktivasyonunu gösteren istatistiksel t değeri elde edilmiş olur.

Çalışmada, ön işlemlerden geçirilmiş veriler istatistiksel parametrik haritalama yazılımı kullanılarak belirsizlik ve risk durumlar için dizayn matriksi oluşturulmuştur. Genel Doğrusal Model ile tahmin edilen hemodinamik cevap için 2 adet  $hrf$  baz fonksiyonunun ağırlıklı toplamı ile elde edilen bir model seçilmiştir.

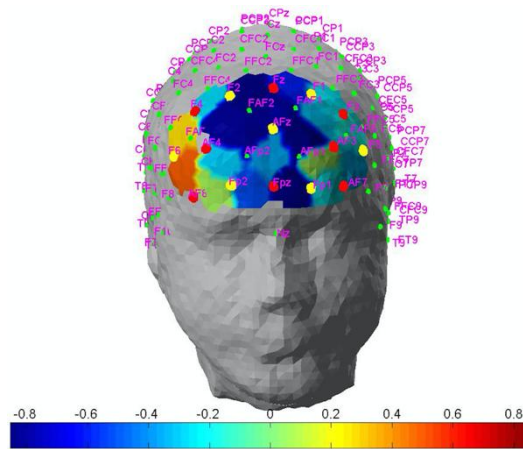


Seçilen fonksiyon parametreleri her denek için düzenlenerek (n=8) birinci seviye SPM analizi (denek seviyesinde) yapılmıştır. Ardından bulguları grup seviyesinde değerlendirebilmek amacı ile SPM-2 seviyesine geçilmiştir.

SPM 2 seviyesinde, tüm katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu (Şekil 6.2.2) ile belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu (Şekil 6.2.3) grup düzeyinde incelenmiştir. Ancak grup seviyesinde katılımcı sayısının düşüklüğü nedeniyle, eşiklendirilmiş t istatistiksel analizi p=0.05 seviyesinde anlamlı değildir (Şekil 6.2.2 ve Şekil 6.2.3 salt bilgi amaçlı verilmiştir).



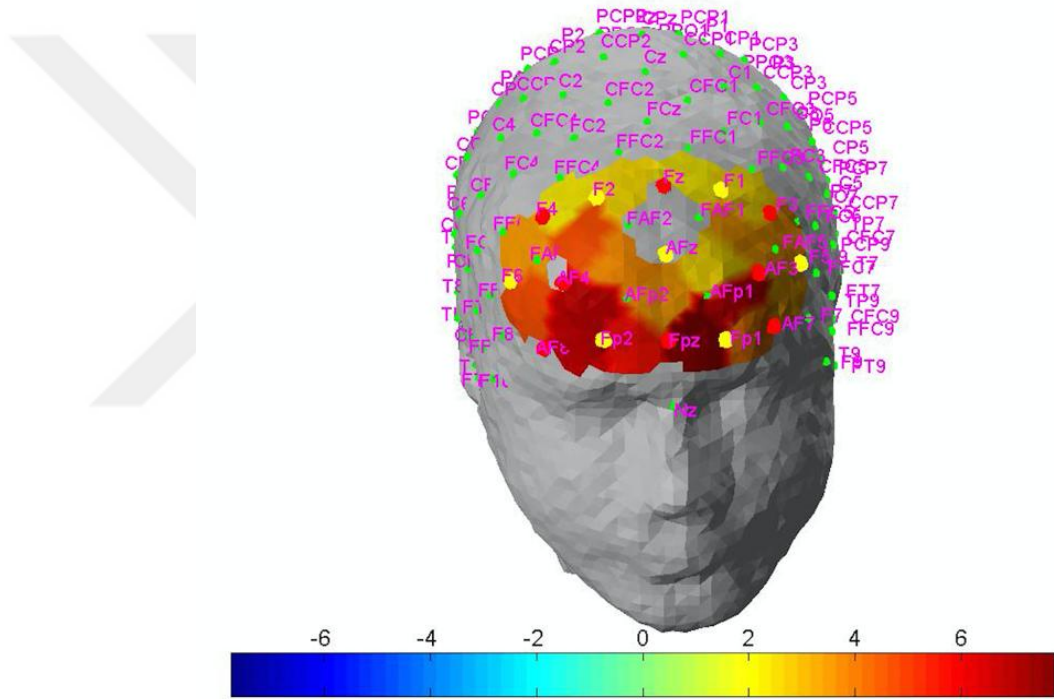
Şekil 6.2.2. Bütün katılımcıların Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası



Şekil 6.2.3. Bütün katılımcıların Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası

Her katılımcı için bireysel bazda tüm kanallarda hemodinamik yanıtları risk ve belirsizlik koşulları için SPM 1 seviyesinde incelenmiştir. Bütün katılımcılarda kişisel ( $p=0.05$  seviyesinde anlamlı) farklar görülmüştür: her katılımcının aktivasyon seviyesi risk ve belirsizlik görevlerinde bölgesel olarak farklıdır.

Şekil 6.2.4 birinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı) göstermektedir.



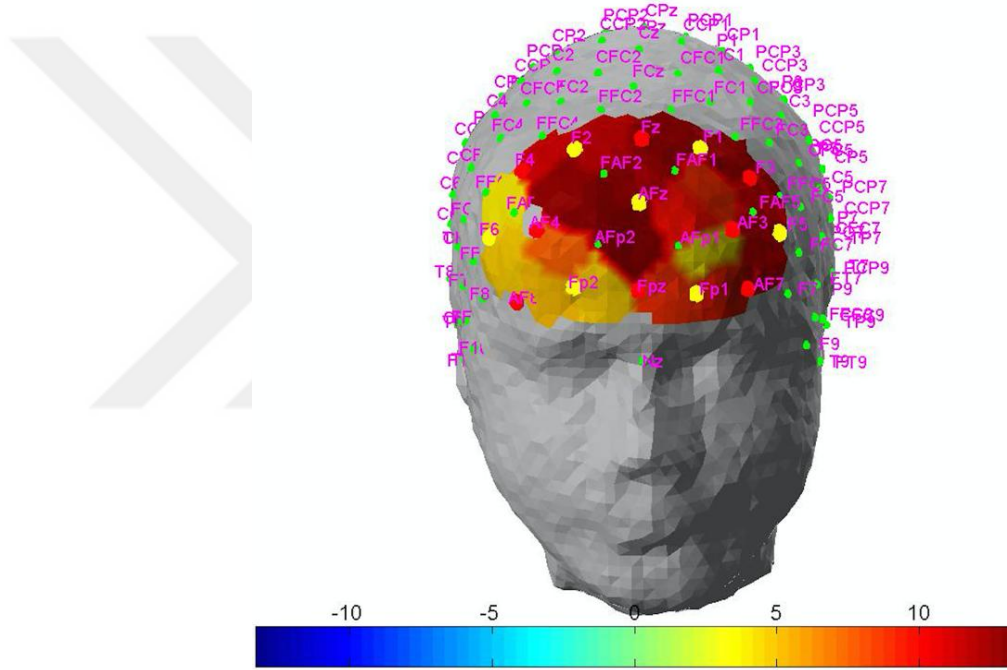
Şekil 6.2.4 Birinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

Şekil 6.2.4'te renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.5 ikinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı) göstermektedir.

Şekil 6.2.5'te renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir. Bu katılımcıda neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) prefrontal kortekste yaygın aktivasyon gözlemlenmiştir.

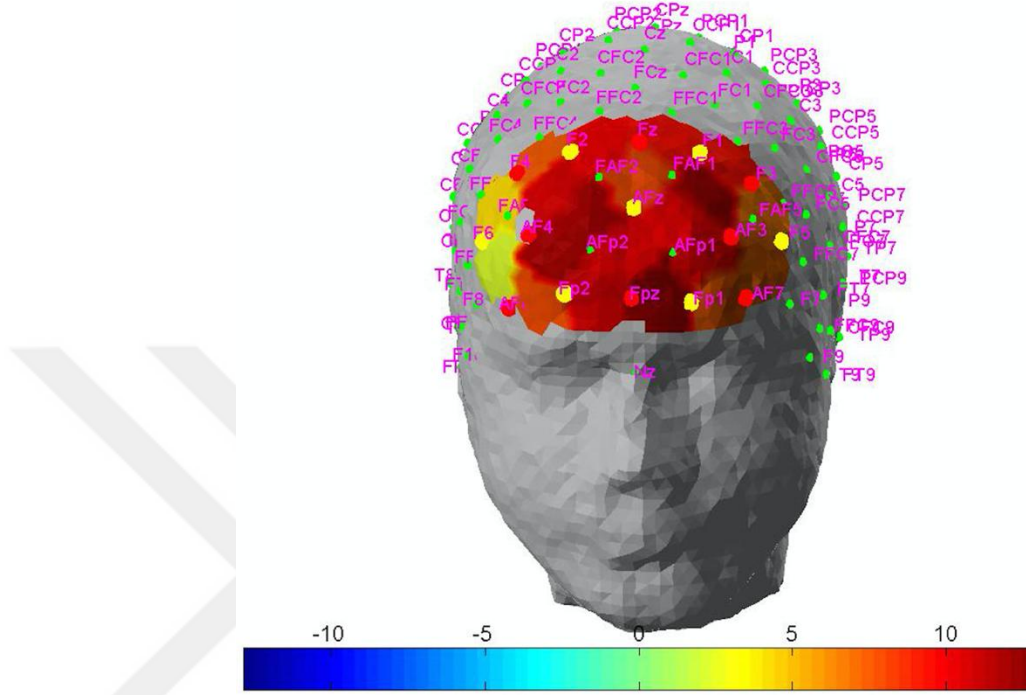


Şekil 6.2.5 İkinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

Şekil 6.2.6 ise üçüncü katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı olarak) göstermektedir.

Şekil 6.2.6'da renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda da, ikinci katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) prefrontal kortekste yaygın aktivasyon gözlemlenmiştir.

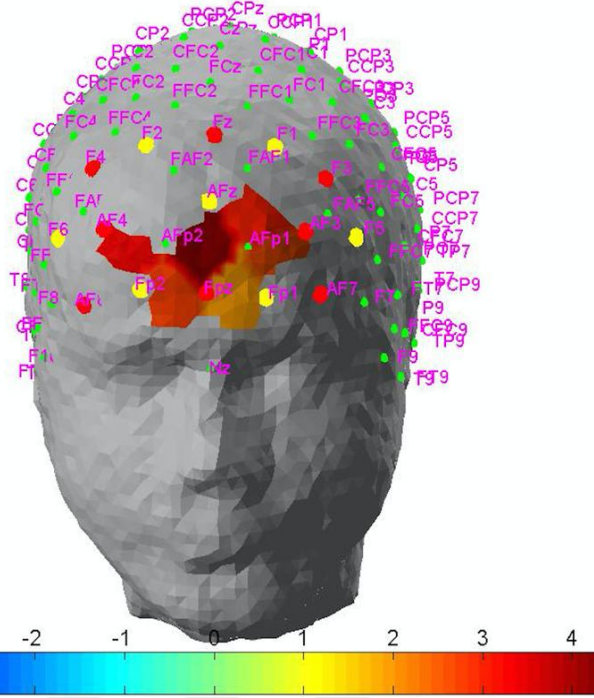


Şekil 6.2.6 Üçüncü katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

Şekil 6.2.7 dördüncü katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını (p=0.05 için anlamlı olarak) göstermektedir.

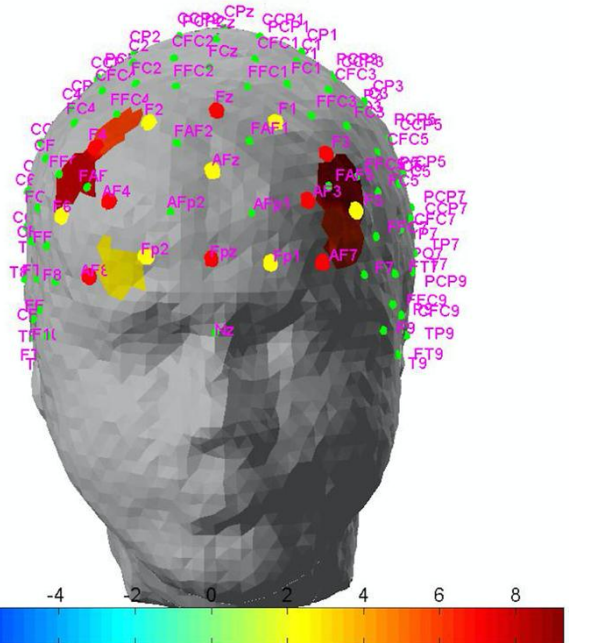
Şekil 6.2.7’de renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.7’de renklendirilmiş alanlarda, ikinci ve üçüncü katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 6.2.7 Dördüncü katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

Şekil 6.2.8 yine dördüncü katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, bu sefer risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını (p=0.05 için anlamlı) göstermektedir.



Şekil 6.2.8 Dördüncü katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

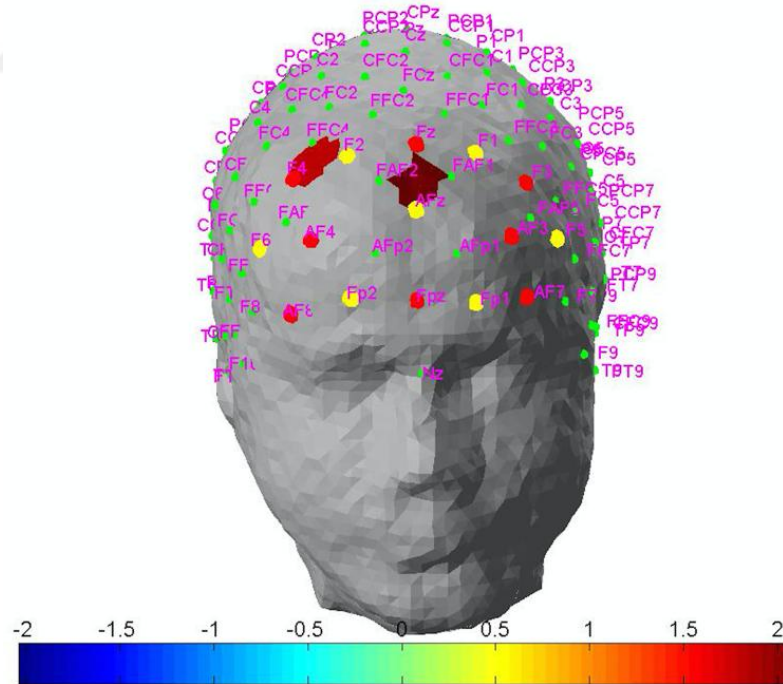


Şekil 6.2.8’de renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.8’de renklendirilmiş alanlarda, birinci katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.7 ve Şekil 6.2.8’de görüldüğü üzere, dördüncü katılımcının t istatistiksel haritaları ilk üç katılımcıdan temel olarak farklıdır. Dördüncü katılımcıda prefrontal kortekste hem Belirsizlik>Risk durumunda daha aktif alanlar ( $p=0.05$  için anlamlı) gözlemlenmekte, hem Risk>Belirsizlik durumunda daha aktif alanlar ( $p=0.05$  için anlamlı) gözlemlenmektedir.

Şekil 6.2.9 ise beşinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı olarak) göstermektedir.

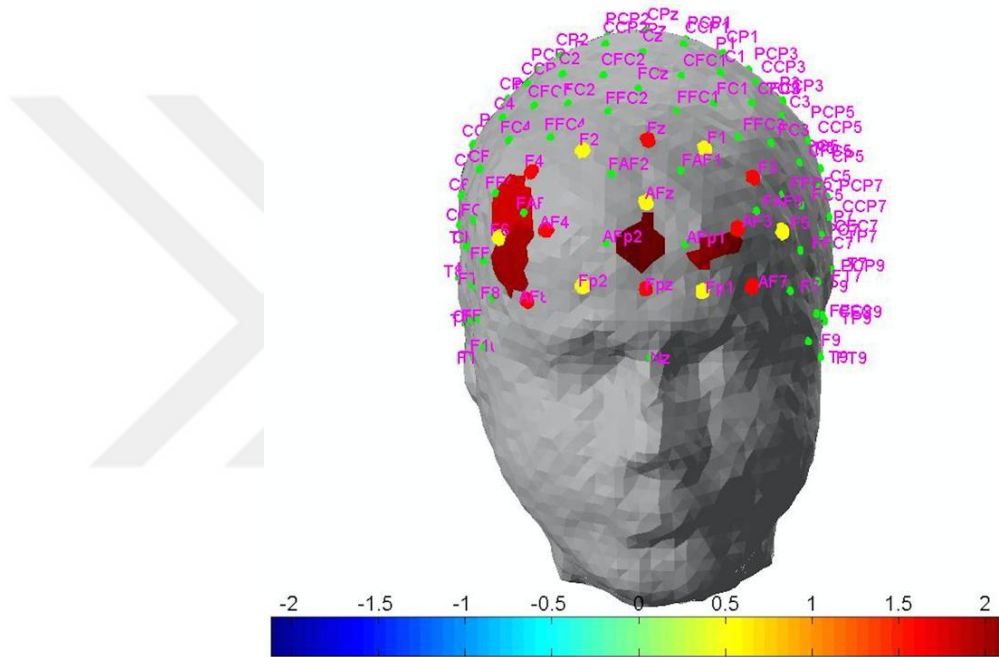


Şekil 6.2.9 Beşinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

Şekil 6.2.9’da renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.9’da renklendirilmiş alanlarda, ikinci ve üçüncü katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.10 yine beşinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, bu sefer risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı) göstermektedir.



Şekil 6.2.10 Beşinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

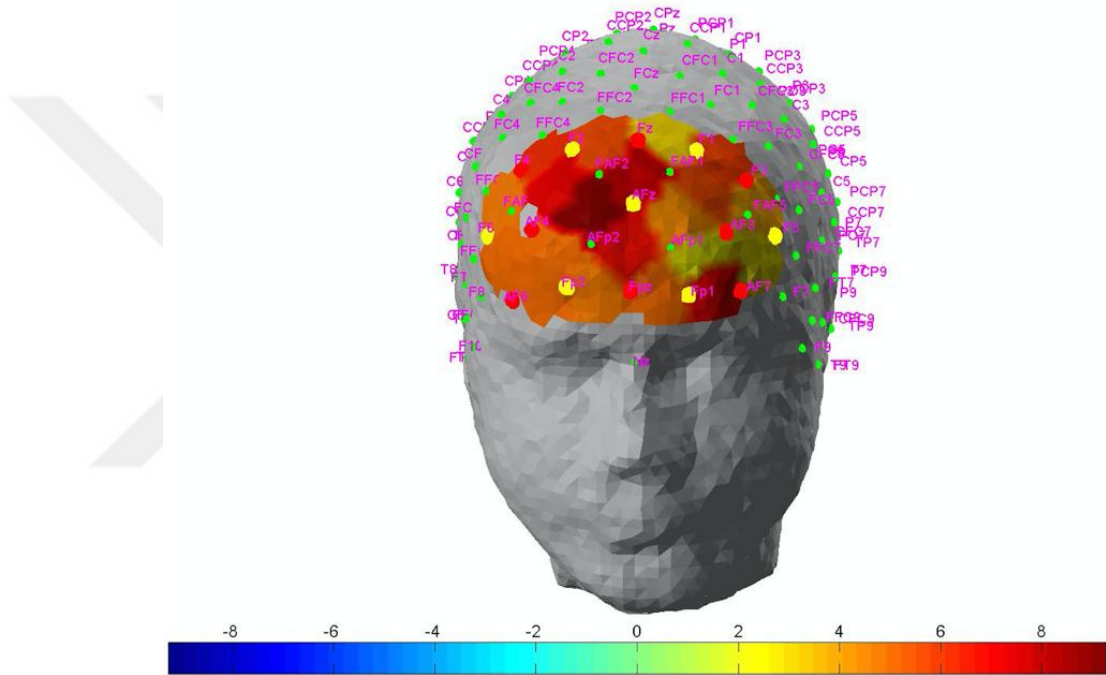
Şekil 6.2.10’da renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.10’da renklendirilmiş alanlarda, birinci katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.9 ve Şekil 6.2.10’da görüldüğü üzere, beşinci katılımcının t istatistiksel haritaları ilk üç katılımcıdan temel olarak farklıdır. Beşinci katılımcıda

da, dördüncü katılımcıya benzer olarak prefrontal kortekste hem Belirsizlik>Risk durumunda daha aktif alanlar ( $p=0.05$  için anlamlı) gözlemlenmekte, hem de Risk>Belirsizlik durumunda daha aktif alanlar ( $p=0.05$  için anlamlı) gözlemlenmektedir.

Şekil 6.2.11 ise altıncı katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı olarak) göstermektedir.



Şekil 6.2.11 Altıncı katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

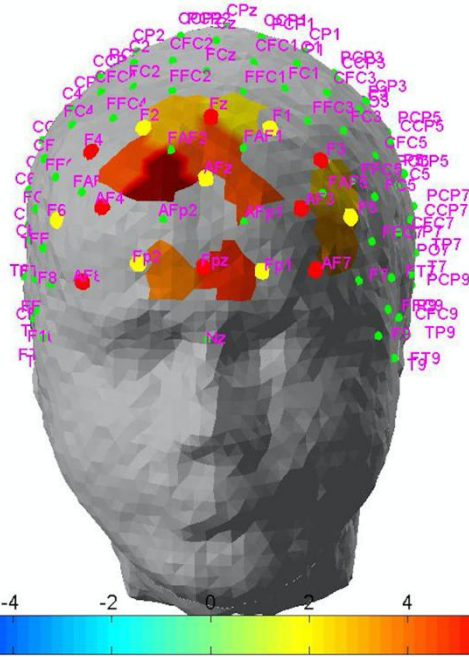
Şekil 6.2.11’de renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda da birinci katılımcıya benzer şekilde, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.12 yedinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla



aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı) göstermektedir.

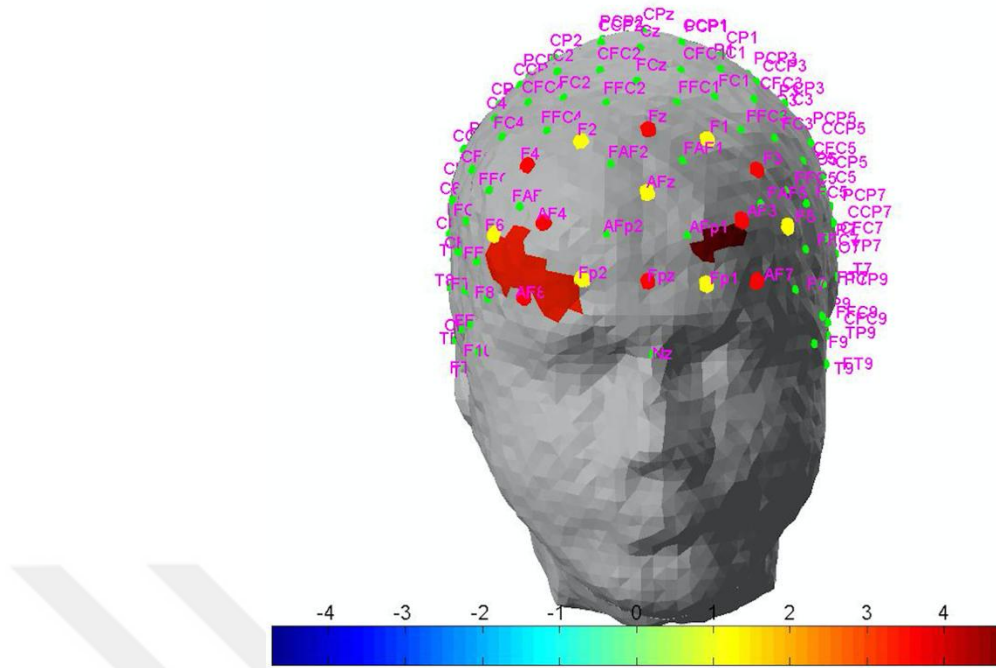


Şekil 6.2.12 Yedinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası ( $p=0.05$ )

Şekil 6.2.12’de renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.12’de renklendirilmiş alanlarda, ikinci ve üçüncü katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.13 yine yedinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, bu sefer risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını ( $p=0.05$  için anlamlı) göstermektedir.



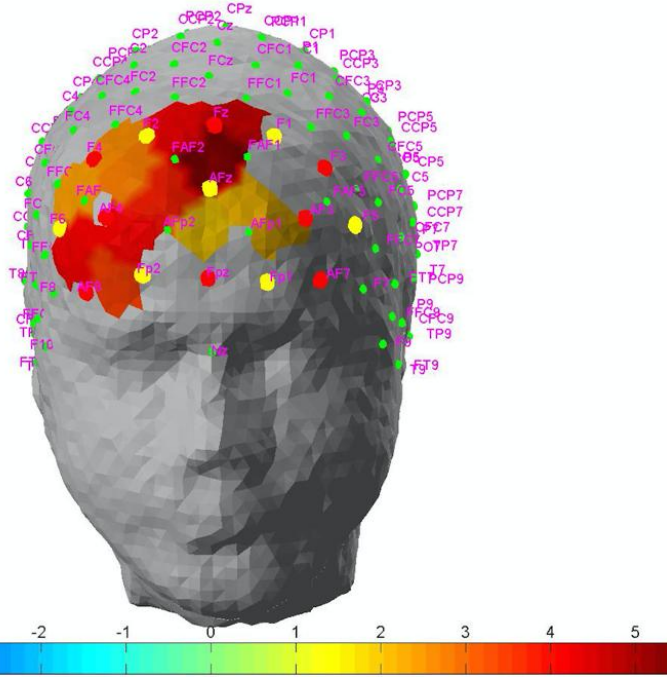
Şekil 6.2.13 Yedinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

Şekil 6.2.13'te renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.13'te renklendirilmiş alanlarda, birinci katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.12 ve Şekil 6.2.13'te görüldüğü üzere, yedinci katılımcının t istatistiksel haritaları ilk üç katılımcıdan temel olarak farklıdır. Yedinci katılımcıda da, dördüncü ve beşinci katılımcıya benzer olarak prefrontal kortekste hem Belirsizlik>Risk durumunda daha aktif alanlar (p=0.05 için anlamlı) gözlemlenmekte, hem de Risk>Belirsizlik durumunda daha aktif alanlar (p=0.05 için anlamlı) gözlemlenmektedir.

Şekil 6.2.14 sekizinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, belirsizlik görevinde risk görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Belirsizlik>Risk) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını (p=0.05 için anlamlı) göstermektedir.

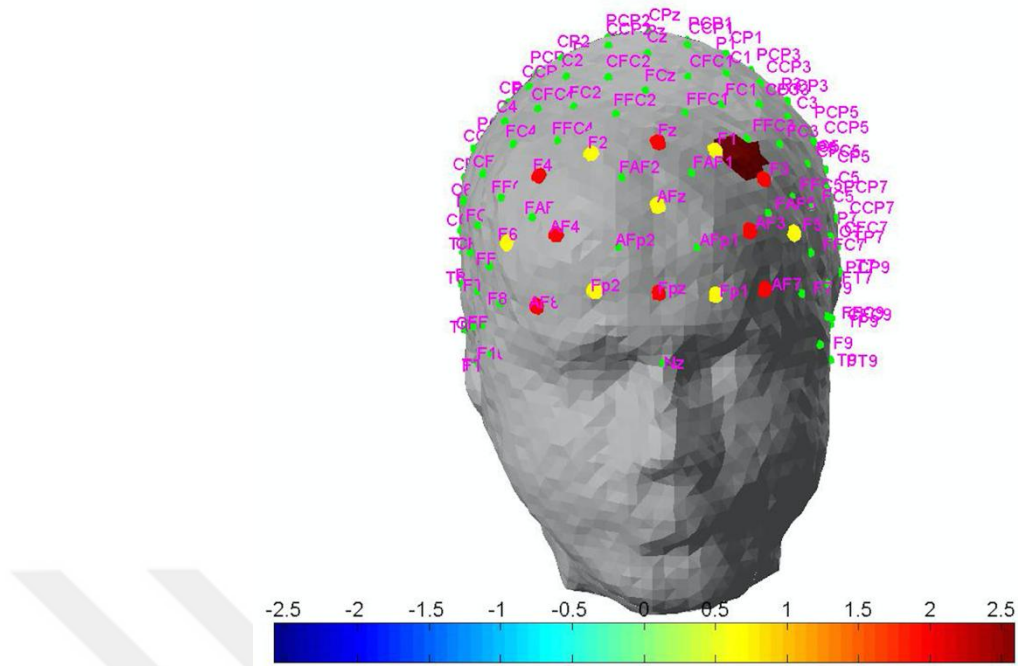


Şekil 6.2.14 Sekizinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

Şekil 6.2.14'te renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.14'de renklendirilmiş alanlarda, ikinci ve üçüncü katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uymayan şekilde, hesaplama gerektirmeyen görevlerde (belirsizlik görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.15 ise yine sekizinci katılımcının risk ve belirsizlik görevlerindeki aktivasyon veya deaktivasyonu üzerinden, bu sefer risk görevinde belirsizlik görevine göre fazla aktivasyon görülen alanların (Risk>Belirsizlik) aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritasını (p=0.05 için anlamlı) göstermektedir.



Şekil 6.2.15 Sekizinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki aktivasyon veya deaktivasyonu gösteren t-istatistiksel haritası (p=0.05)

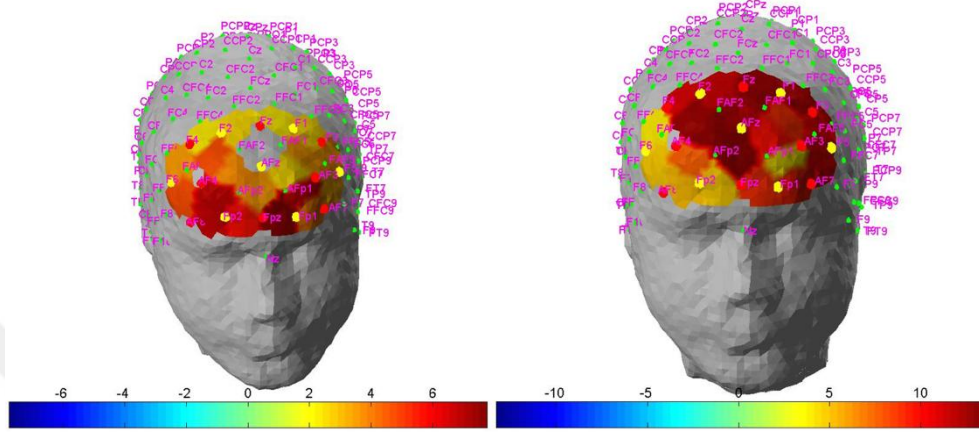
Şekil 6.2.15'te renklendirilmiş alanlarda, bu katılımcıda risk durumunda belirsizlik durumuna göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bu katılımcıda Şekil 6.2.15'te renklendirilmiş alanlarda, birinci katılımcıda olduğu gibi, neoklasik ekonomi teorisinde betimlenen rasyonel insan tipine uygun olarak, hesaplama gerektiren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste aktivasyon gözlemlenmiştir.

Şekil 6.2.14 ve Şekil 6.2.15'te görüldüğü üzere, sekizinci katılımcının t istatistiksel haritaları ilk üç katılımcıdan temel olarak farklıdır. Sekizinci katılımcıda da, dördüncü, beşinci ve yedinci katılımcıya benzer olarak prefrontal kortekste hem Belirsizlik>Risk durumunda daha aktif alanlar (p=0.05 için anlamlı) gözlemlenmekte, hem de Risk>Belirsizlik durumunda daha aktif alanlar (p=0.05 için anlamlı) gözlemlenmektedir.

Katılımcı bazında yapılan bu analizler, risk ve belirsizliğin prefrontal kortekste işlenmesi konusunda bireylerarası farklar olduğunu ortaya koymuştur. fNIRS verisinde görülen bu farklılıkların, davranışsal verideki karşılığının araştırılması için ikincil bir inceleme daha yapılmıştır.

Davranışsal verilerin incelenmesi sonucu tercihlerinin içsel tutarlılığı açısından farklılık gösteren %0 çelişkiye sahip olan Birinci katılımcı ile %18.25 çelişkiye sahip İkinci katılımcının tüm kanallarda hemodinamik yanıtları risk ve belirsizlik koşulları için SPM 1 seviyesinde incelenip, ayrıca yorumlanmıştır (Şekil 6.2.16).



Şekil 6.2.16. Birinci katılımcının Risk>Belirsizlik durumundaki ( $p=0.05$ ) t-istatistiksel haritası ve İkinci katılımcının Belirsizlik>Risk durumundaki ( $p=0.05$ ) t-istatistiksel haritası

Prefrontal korkeksin farklı alanlarında, Birinci katılımcıda risk durumunda belirsizliğe göre daha yaygın aktivasyon gözlemlenirken, İkinci katılımcıda belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha yaygın aktivasyon gözlemlenmiştir ( $p=0.05$ ) (Şekil 6.2.16).

## 7. TARTIŞMA VE SONUÇ

İnsan karar almasının davranışsal öğelerini araştıran ekonomi bilimi, teorik kısıtları ve soyutlayıcı paradigmaları nedeniyle, insanların risk ve belirsizlik kavramları hakkında tam bilgi sahibi olduğu, yansız ve usçu olduğunu varsaymıştır.

Oysa, insan ve primat karar almasının bilişsel kökenlerini farklı görüntüleme yöntemleri ve paradigmlar kullanılarak risk ve belirsizlik altında inceleyen sinirbilim; özellikle prefrontal korteks ve amigdala ile ilişkilendirilen iki ayrık ama işlevsel olarak bağlı sürece işaret eder: sırasıyla karar almanın bilişsel (kontrollü) ve duygusal (otomatik) süreçleri (2, 4, 13).

Modern ekonomi teorisi insan karar almasının rasyonel ve fayda/kazanç ençoklaması üzerine kurulu olduğunu, insanların kendi tercihleri ve alternatifler hakkında sonsuz bilgiye sahip olduğunu dahası her tür hesaplamayı yapabilecek bilişsel yetkinliğe sahip olduğunu varsayar oysa karar alma salt bir rasyonel süreçler zinciri değildir (11). Bu çalışmada yürütülen deney sonuçları, davranışsal ve bilişsel seviyede rasyonellik dışı tercihleri ve bireyler arası farkları ortaya koyar niteliktedir.

Çalışmada, nöronal aktivitenin bir göstergesi olan  $\Delta\text{HbO}_2$  genliğinin, belirsizlik görevleri ile risk görevleri arasında 13. kanalda (Fp1: Orbitofrontal korteks) anlamlı olarak farklı olduğu bulunmuştur (Şekil 6.2.1).

Grup seviyesinde yapılan SPM analizi sonucunda ( $p=0.05$ 'te anlamlı olmasa dahi), risk görevlerinde belirsizlik görevlerine göre yaygın olarak medial prefrontal korteks yapılarında aktivasyon görülmüştür. Belirsizlik görevlerinde ise risk görevlerine göre lokalize sağ lateral prefrontal korteste (AF8: Dorsolateral prefrontal korteks) daha fazla aktivasyon bulunmuştur. Bu sonuçlar öncelikle, beynin belirsizlik ve risk durumlarını prefrontal korteksin farklı alanlarında işlemediğini göstermektedir.

Ayrıca kazanç elde etme dürtüsüyle ilişkilendirilen ve limbik şebekenin bir parçası olan orbitofrontal korteksin belirsizlik durumunda risk durumuna göre daha fazla aktive olduğu bulunmuştur. Bu bulgu, Nöroekonomi Arkaplanı başlığında bahsi

geçen Hsu ve diğ.,'nin fMRI çalışmasının belirsizlik altında risk durumuna göre orbitofrontal kortekste daha yaygın aktivasyon görülmesi sonucuyla uyumludur (31).

Risk durumunda görülen dorsolateral prefrontal korteks aktivasyonu da kişilerin matematiksel hesaplama yaptığını ve belirli bir strateji izlediklerini gösterebilir niteliktedir. Bu bulgu, Nöroekonomi Arkaplanı başlığında bahsi geçen aynı tip uyarılarla yapılan benzer tasarıma sahip fMRI çalışmasının sonuçlarıyla da uyuşmaktadır. Huettel ve diğ.,'nin bu çalışması da dorsolateral prefrontal korteksi matematiksel hesaplama ile ilişkilendirmiştir (25).

Katılımcı seviyesinde yapılan SPM analizlerinde ( $p=0.05$ ) ise (Şekil 6.2.3-Şekil 6.2.15 arası tüm t istatistiksel görseller), aynı uyarılarla karşılaşan katılımcılarda, risk ve belirsizlik durumlarında prefrontal korteksin farklı alanlarında farklı seviyelerde aktivasyon gözlemlenmiştir.

Bazı katılımcılarda prefrontal kortekste bazı alanlarda risk görevlerinde belirsizlik görevlerine göre daha fazla aktivasyon gözlemlenirken, bazı katılımcılarda belirsizlik görevlerinde risk görevlerine göre daha fazla aktivasyon gözlemlenmektedir. Dahası, bazı katılımcılarda prefrontal korteksin bazı alanlarında risk görevlerinde belirsizlik görevlerine göre daha yüksek (ve anlamlı) aktivite gözlemlenirken, bazı alanlarda belirsizlik görevlerinde risk görevlerine göre daha yüksek (ve anlamlı) aktivite gözlemlenmiştir.

Ayrıca aktivasyonun yoğunlaştığı alanlar da bireysel olarak farklar göstermektedir. Bu bize risk ve belirsizliği işlemlerken her bireyin aynı stratejiyi kullanmadığını göstermektedir. Bu, sinirbilim literatürünün öngördüğü ikili (duygusal ve akılcı karar alma) sisteme de uygun bir sonuçtur: ekonomi teorisinin irrasyonel olarak sınıflandırdığı kararlar aslında duygusal karar alma sürecinin bir dışı vurumudur.

Karar alma aşamasında, dışsal bilgi (öğrenilmiş uyarılar, örneğin fayda sağlayan, mutluluk veren nesnelere ait bilgi) ve içsel bilgi (düşünce ve deneyimler, örneğin yaşanmış duygusal bir olayın hatırası) birlikte işlemlenir (15). Bu olgu katılımcılarda Şekil 6.2.3-Şekil 6.2.15 arasındaki görsellerde gözlemlenen kişiler

arası farkları ve kişisel bazda irrasyonel görünen kararları mantık çerçevesine oturtmaktadır.

Davranışsal veriler ve fNIRS verisi birlikte incelendiğinde, kişinin rasyonelliğine (tutarlılığına) bağlı olarak risk ve belirsizlik durumlarında prefrontal kortekste oluşan aktivasyonun da değişkenlik gösterdiği görülmüştür.

Davranışsal verilerinden (içsel tutarlılık) yola çıkılarak seçilen iki katılımcının (Birinci ve İkinci) SPM analizleri, davranışsal veri ile birlikte birlikte incelendiğinde, rasyonel karar alıcı tanımına uygun şekilde hesaplama içeren görevlerde (risk görevleri) prefrontal kortekste işleme yapan (yaygın aktivasyon görülen) Birinci katılımcı aynı zamanda bir başka rasyonellik tanımı olan tercihlerin içsel tutarlılığı koşulunu da sağlamaktadır (Şekil 6.2.16).

Kural olarak hesaplama içermeyen belirsizlik görevinde prefrontal kortekste yaygın aktivasyon gözlemlenen İkinci katılımcıda ise, belirsizlik görevlerinde risk görevlerine göre yaygın bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. Davranışsal verilerin ekonomik anlamlılığına bakıldığında, bu katılımcı aynı zamanda, içsel olarak tutarsız çok sayıda tercih yapmıştır.

Şekil 6.2.16'da ortaya koyulan, iki katılımcı arası risk ve belirsizlik işlemlesindeki açık fark, bu katılımcıların davranışsal verisinden çıkarsanan rasyonellik sınıflandırmalarıyla tamamen uyumludur. Birinci katılımcıda kural olarak hesaplama gerektiren (risk) görevlerde, prefrontal kortekste yaygın aktivasyon gözlemlenmiş, ikinci katılımcıda ise duygusal karar alma gerektiren belirsizlik görevlerinde yine prefrontal kortekste yaygın ve anlamlı ( $p=0.05$ ) aktivasyon görülmüştür. Bu iki katılımcı, kendi tercihlerinin içsel tutarlılığı açısından da uçlardadır.

Oysa, risk ve belirsizlik altında karar almayı ağırlıklı olarak çalışan ekonomi disiplindeki Neoklasik ekolün öne sürdüğü davranış biçimine uygun yorum: Bir hesaplama içeren (bilişsel karar gerektiren) risk görevlerinin prefrontal kortekste; hesaplama yapılamayacak (duygusal karar gerektiren) belirsizlik görevinin amigdalada işlenmesi doğrultusunda olurdu. Hatta neoklasik ekolün tipik akılcı



karar alan insan modelinin doğrudan uzantısı, risk ile belirsizliğin kökten farklı olgular olduğu gerekçesiyle, belirsizlik altında prefrontal kortekste hiç aktivasyon olmamasını çıkarsardı.

Tersine, bu çalışmada katılımcılardan toplanan fNIRS verisinin çıktıları, insan karar almasında “tipik” bir insan modelinin olmadığını gösterdiği gibi, bireysel bazda işsel olarak tutarsız tercihleri ortaya koyarak insanların risk ve belirsizlik konusunda teorisyenlerin öngördüğü gibi mutlak bir yetkinliğe sahip olmadığına da işaret ediyor.

Katılımcı bazında yapılan SPM analizleri sonucunda, deney paradigmasının risk ve belirsizlik işlemlerindeki bireysel farkları açık ve anlamlı şekilde ortaya koyabildiği görülmektedir.

Çalışmada, davranışsal veri incelemesinin çıktıları, bilişsel veri incelemesinin çıktıları ile uyumlu olması, çalışmada önerilen deney tasarımının geçerliliğine işaret etmesi açısından olumludur. Toplanan davranışsal veri ve fNIRS verisinin ortak yorumu, önerilen tasarımın risk ve belirsizlik altında insan karar almasının rasyonelliğinin araştırılması ve bilişsel süreçlerdeki bireysel farkların ortaya çıkarılması için işlevsel olduğunu ortaya koymuştur.

Çalışmada, içerikten bağımsız ve bilişsel yük açısından basit görevler kullanarak, verilen cevapların zihinsel hesaplama yetersizliğinden kaynaklanabilecek tutarsızlıklardan veya içeriğe bağlı sapmalardan bağımsız olarak analiz edilebilmesini amaçlanarak oluşturulan deney tasarımı, bu bağlamda başarıya ulaşmıştır: kişiler arası risk ve belirsizlik işlemleri arasındaki farklar davranışsal ve bilişsel seviyede gözlemlenebilmekte, istatistiksel olarak anlamlı karşılaştırmalar yapılabilmektedir.

Gelecek araştırmalar çalışmaya iki önemli alanda katkı sağlayacak şekilde yoğunlaşmalıdır: katılımcı sayısı artırılarak istatistiksel gücü arttırmak ve prefrontal korteksin yanında limbik şebekenin daha derin yapılarından olan amigdaladan da veri toplayarak iki alandaki işlemleri eşzamanlı incelemek.

## 8. KAYNAKLAR

- (1) Abi-Rached, J. M. (2008). The implications of the new brain sciences. *EMBO reports*, 9(12), 1158-1162.
- (2) Camerer, C., Loewenstein, G., and Prelec, D. (2005). Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics. *Journal of economic Literature*, 43(1), 9-64.
- (3) Trepel, C., Fox, C. R., and Poldrack, R. A. (2005). Prospect theory on the brain? Toward a cognitive neuroscience of decision under risk. *Cognitive brain research*, 23(1), 34-50.
- (4) Glimcher, P. (2014). Neuroeconomics and the study of valuation. pp. 1085-1092, In: Gazzaniga, M. S. *The cognitive neurosciences*. MIT press.
- (5) Gilboa, I., and Schmeidler, D. (1989). Maxmin expected utility with non-unique prior. *Journal of mathematical economics*, 18(2), 141-153.
- (6) Weber, E. U., and Johnson, E. J. (2008). Decisions under uncertainty: Psychological, economic, and neuroeconomic explanations of risk preference. *Neuroeconomics: Decision making and the brain*, 127-144.
- (7) Von Neumann, J. and Morgenstern, O., (2007). *Theory of games and economic behavior*. Princeton university press.
- (8) Bernoulli, D. (1954). Exposition of a new theory on the measurement of risk. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 23-36.
- (9) Mousavi, S., and Gigerenzer, G. (2014). Risk, uncertainty, and heuristics. *Journal of Business Research*, 67(8), 1671-1678.
- (10) Camerer, C., and Weber, M. (1992). Recent developments in modeling preferences: Uncertainty and ambiguity. *Journal of risk and uncertainty*, 5(4), 325-370.
- (11) Bechara, A., and Damasio, A. R. (2005). The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision. *Games and economic behavior*, 52(2), 336-372.
- (12) Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., and Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50(1), 7-15.

- (13) Krawczyk, D. C. (2002). Contributions of the prefrontal cortex to the neural basis of human decision making. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(6), 631-664.
- (14) Schneider, W., and Chein, J. M. (2003). Controlled and automatic processing: behavior, theory, and biological mechanisms. *Cognitive Science*, 27(3), 525-559.
- (15) Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., and Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *Journal of Neuroscience*, 19(13), 5473-5481.
- (16) Bechara, A., Damasio, H., and Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral cortex*, 10(3), 295-307.
- (17) Weber, R. A., and Camerer, C. F. (2006). "Behavioral experiments" in economics. *Experimental Economics*, 9(3), 187-192.
- (18) Tversky, A., and Kahneman, D. (1975). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. In *Utility, probability, and human decision making* (pp. 141-162). Springer Netherlands.
- (19) Glimcher, P. (2014). The Emerging Standard Model of the Human Decision-Making Apparatus pp. 683-691 In: Gazzaniga, M. S..The cognitive neurosciences. MIT press.
- (20) Christopoulos, G. I., Tobler, P. N., Bossaerts, P., Dolan, R. J., and Schultz, W. (2009). Neural correlates of value, risk, and risk aversion contributing to decision making under risk. *Journal of Neuroscience*, 29(40), 12574-12583.
- (21) Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., and Cohen, J. D. (2003). The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science*, 300(5626), 1755-1758.
- (22) Cazzell, M., Li, L., Lin, Z. J., Patel, S. J., and Liu, H. (2012). Comparison of neural correlates of risk decision making between genders: an exploratory fNIRS study of the Balloon Analogue Risk Task (BART). *Neuroimage*, 62(3), 1896-1911.
- (23) Merzhanova, G. K., Zaleshin, A. V., Ashkinazi, M. L., and Shergin, I. N. (2012). Individual-Typological Differences in Human Behavior on Choosing a Risk-Associated Reward. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 42(8), 901-910.

- (24) Hewig, J., Straube, T., Trippe, R. H., Kretschmer, N., Hecht, H., Coles, M. G., and Miltner, W. H. (2009). Decision-making under risk: an fMRI study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 21(8), 1642-1652.
- (25) Huettel, S. A., Stowe, C. J., Gordon, E. M., Warner, B. T., and Platt, M. L. (2006). Neural signatures of economic preferences for risk and ambiguity. *Neuron*, 49(5), 765-775.
- (26) Kuhnen, C. M., and Knutson, B. (2005). The neural basis of financial risk taking. *Neuron*, 47(5), 763-770.
- (27) Venkatraman, V., Payne, J. W., Bettman, J. R., Luce, M. F., and Huettel, S. A. (2009). Separate neural mechanisms underlie choices and strategic preferences in risky decision making. *Neuron*, 62(4), 593-602.
- (28) De Martino, B., Kumaran, D., Seymour, B., and Dolan, R. J. (2006). Frames, biases, and rational decision-making in the human brain. *Science*, 313(5787), 684-687.
- (29) Polezzi, D., Sartori, G., Rumiati, R., Vidotto, G., and Daum, I. (2010). Brain correlates of risky decision-making. *Neuroimage*, 49(2), 1886-1894.
- (30) Paulus, M. P., Hozack, N., Zauscher, B., McDowell, J. E., Frank, L., Brown, G. G., and Braff, D. L. (2001). Prefrontal, parietal, and temporal cortex networks underlie decision-making in the presence of uncertainty. *Neuroimage*, 13(1), 91-100.
- (31) Hsu, M., Bhatt, M., Adolphs, R., Tranel, D., and Camerer, C. F. (2005). Neural systems responding to degrees of uncertainty in human decision-making. *Science*, 310(5754), 1680-1683.
- (32) Cope, M., and Delpy, D. T. (1988). System for long-term measurement of cerebral blood and tissue oxygenation on newborn infants by near infra-red transillumination. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 26(3), 289-294.
- (33) Prahl, S. (1999). Optical absorption of hemoglobin.
- (34) Ye, J. C., Tak, S., Jang, K. E., Jung, J., and Jang, J. (2009). NIRS-SPM: statistical parametric mapping for near-infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 44(2), 428-447.

## 9. ETİK KURUL ONAYI



T.C.  
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

E-İmzalıdır

Sayı : 10840098-604.01.01-E.25327  
Konu : Etik Kurulu Kararı

31/07/2017

Sayın Gerçek ÇİÇEK

Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna yapmış olduğunuz “Bilişsel karar almada risk ve belirsizlik ayrımı” isimli başvurunuz incelenmiş olup etik kurulu kararı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar  
Etik Kurulu Başkanı

Ek:  
-Karar Formu (2 sayfa)

Bu belge 5070 sayılı e-İmza Kanununa göre Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK tarafından 31.07.2017 tarihinde e-imzalanmıştır. Evrağınızı <https://ebys.medipol.edu.tr/e-imza> linkinden 9570972.AX8 kodu ile doğrulayabilirsiniz.

İstanbul Medipol Üniversitesi

Kavacak Mah. Ekinciler Cad.No:19 Kavacak Kavşağı 34810  
Beykoz/İSTANBUL

Tel: 444 85 44  
İnternet: [www.medipol.edu.tr](http://www.medipol.edu.tr)  
Ayrıntılı Bilgi İçin : [bilgi@medipol.edu.tr](mailto:bilgi@medipol.edu.tr)

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ  
GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR  
ETİK KURULU KARAR FORMU



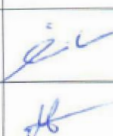
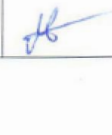
<b>BAŞVURU BİLGİLERİ</b>	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Bilişsel karar almada risk ve belirsizlik ayrımı			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Gerçek Çiçek			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI				
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	İstanbul			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ**  
**GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR**  
**ETİK KURULU KARAR FORMU**

Değerlendirilen Belgeler	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI	24.07.2017		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	24.07.2017		Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
Karar Bilgileri	<b>Karar No: 276</b>	<b>Tarih: 28/07/2017</b>		
	Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna "oybirliği" ile karar verilmiştir.			

**İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**

**BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI** Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Şeref DEMİRAYAK	Eczacılık	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Hanefi ÖZBEK	Farmakoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Sibel DOĞAN	Psiko-onkoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Devrim TARAKCI	Ergoterapi	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. İlknur KESKİN	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Mehmet Hikmet ÜÇİŞİK	Biyoteknoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

\* :Toplantıda Bulunma

## 10. ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

<b>Adı</b>	Gerçek	<b>Soyadı</b>	Çiçek
<b>Doğum Yeri</b>	Kırklareli	<b>Doğum tarihi</b>	07.11.1981
<b>Uyruğu</b>	T.C.	<b>e-mail</b>	gercekcicek@gmail.com

### Eğitim Düzeyi

	<b>Mezun Olduğu Kurumun Adı</b>	<b>Mezuniyet Yılı</b>
<b>Doktora</b>	İstanbul Teknik Üniveristesi (Ekonomi)	(Öğrenci)
<b>Yüksek Lisans</b>	İstanbul Medipol Üniversitesi (Sinirbilim)	(Öğrenci)
<b>Yüksek Lisans</b>	Maltepe Üniversitesi (İşletme)	2010
<b>Lisans</b>	Sakarya Üniversitesi (Ekonomi)	2003
<b>Lise</b>	Burak Bora Anadolu Lisesi	1999

### İş Deneyimi

<b>Görevi</b>	<b>Kurum</b>	<b>Süre</b>
1. Araş. Gör.	MEF Üniversitesi	2014-
2. Uzman Yard.	Halk Bankası	2008-2012
2. Uzman Yard.	Finansbank	2006-2008

<b>Yabancı Dilleri</b>	<b>Okuduğunu Anlama</b>	<b>Konuşma</b>	<b>Yazma</b>
İngilizce	Çok iyi	Çok iyi	Çok iyi

<b>Yabancı Dil Sınav Notu</b>	
YDS	TOEFL IBT
95	98

<b>ALES Puanı</b>	<b>Analitik</b>
GRE Puanı	620



## **Bilgisayar Bilgisi**

<b>Program</b>	<b>Kullanma Becerisi</b>
Microsoft Office	Çok iyi
SPSS	Çok iyi
STATA	Çok iyi
e-views	Çok iyi
E-Prime	İyi
Python	İyi

## **Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildirileri**

- Bonn Brain3 Conference, University of Bonn Medical Center, March 15-17, Poster: Rationality in Decision Making: Reflections from Behavioral and Brain Data
- Barcelona Cognition Brain and Technology Summer School, Pompeu Fabra Univ., September 5-16, 2016  
Proje: Incorporating Art and Social Interaction (Eye Tracking Performance)
- 6th IMPRS NeuroCom Summer School, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig, July 4-6, 2016  
Poster: The Curious Case of Cognitive Biases in Decision Making: Do We Really Understand Risk and Uncertainty? (fNIRS Experiment)
- The Institute for New Economic Thinking, Young Scholars Initiative Workshop on Evolutionary Economics, Antalya, October 16-17, 2014, Sunum: Deviations from Optimal Solution in Dynamic Risky Decision Making: Best Choice Problem in Practice

## **Sertifikalar**

- Deney Hayvanları Kullanım Sertifikası-İstanbul, 2016
- İşlevsel Yakın Kızılaltı Spektroskopisi (fNIRS) Kursu-İstanbul, 2017
- Functional Magnetic Resonance Imaging and Functional Connectivity, Neuromodulation in Neuropsychiatric Disorders Kursları, 9th Neuropsychiatry Congress, Turkish Neuropsychiatric Society, Istanbul, 2016
- Real-time fMRI Kursu, 6th IMPRS NeuroCom Summer School, Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences, Leipzig, July 4-6, 2016