



# İşitsel Uyarılmış Potansiyellerin P300 Dalgaları ve IQ Test Skorları Arasındaki İlişkinin Araştırıldığı Ampirik Bir Çalışma

## An Empirical Study on the Relationship Between Auditory Evoked Potential's P300 waves & IQ Test Scores

Hanife PERTEK<sup>1</sup>, Mustafa Ersel KAMAŞAK<sup>2</sup>  
Biyomedikal Mühendisliği Programı<sup>1</sup>, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü<sup>2</sup>  
İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi  
İstanbul, Türkiye  
{pertek16,kamashak}@itu.edu.tr

Nazan DOLU<sup>3</sup>  
Fizyoloji ABD<sup>3</sup>  
Başkent Üniversitesi, Tıp Fakültesi  
Ankara, Türkiye  
ndolu@baskent.edu.tr

**Özetçe**— Geleneksel psikometrik testler ile bireylerin zeka düzeyinin (IQ) belirlenmesi uzun süre tartışma konusu olmuştur. Bununla birlikte son yıllardaki nörofizyolojik çalışmalarda IQ ile beyin dalgalarının ilişkisi üzerinde durulmaktadır. Özellikle birçok çalışma IQ sonuçlarıyla Uyarılmış Potansiyel sinyalleri arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Bu çalışmada İşitsel Uyarılmış Beyin Potansiyel sinyallerinden biri olan P300 sinyali ile IQ test sonuçları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Proje kapsamında, katılımcıların IQ seviyelerini ölçmek için Raven Standart Progresif Matrisler (RSPM) testi katılımcılara uygulanmıştır. Ayrıca, P300 sinyalinin elde edilmesi için Elektroensefalografi (EEG) cihazıyla Oddball İşitsel Uyarım Modeli katılımcılara uygulanmıştır. Sinyallerin kayıtları MP150 sistemiyle alınmış olup P300 sinyali eldesi MATLAB Sinyal İşleme modülüyle sağlanmıştır. Verilerin ilişkilendirilmesinde Biyoistatistik analiz yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler**— P300, IQ, Oddball Paradigması

**Abstract**—The determination of the intelligence quotient (IQ) of individuals with traditional psychometric tests has been a topic of discussion for a long time. However, in recent years neuropsychological studies have focused on the relationship between IQ and brain waves. In particular, many studies have investigated the relationship between Evoked Potential signals and IQ results. In this study, we investigated the relationship between the P300 signal, one of the Auditory Evoked Potential signals, and the IQ test results. Within the scope of the project, the Raven Standard Progressive Matrices (RSPM) test was used

to measure participants' IQ levels. In addition, to obtain the P300 signal, the Oddball Auditory Stimulus Model participant was applied by Electroencephalography (EEG) device. Signals are received by the MP150 system and the P300 signal is provided by the MATLAB Signal Processing module. Biostatistical analysis was performed with the data associated.

**Keywords**—P300, IQ, Oddball Paradigm

### I. GİRİŞ

Bilişsel performanstaki bireysel farklılıklar IQ testleri sayesinde ölçülebilmektedir [1]. Raven Standart Progresif Matrisler (RSPM) testi de bir IQ testi olup bireylerin problem çözme, hesaplama, aritmetik işlemler açısından bilişsel performans düzeyinin belirlemede kullanılmaktadır [2]. Aynı zamanda RSPM testi genellikle zekânın genel faktörlerinin iyi bir göstergesi olan tümevarım akıl yürütme mantığıyla kurulmuş sözel olmayan bir testtir [1].

Galton'un 19. yüzyılın sonlarında zeka ve tepki süresi arasındaki öncü çalışmasından bu yana birçok araştırmacı zeka düzeyi ile tepki süresi arasındaki korelasyonu araştırarak, zekânın biyolojik temelleriyle ilgili veri elde etmeye çalışmaktadır [6].

EEG sinyalleri ve zekâ düzeyinin ilişkilendirilmesi üzerine yapılan çalışmalarda iki yöntem benimsenmiştir [3]. İlkinde, katılımcılar uzun süre problemlerle uğraşır ve bu karmaşık



problemler çözülürken katılımcıların beyin aktiviteleri incelenir. İkinci yaklaşımda ise basit bir uyarana (ses, ışık gibi) beyin uyarılır ve dar bir zaman aralığında katılımcının beyin aktivitesi gözlemlenir [3]. İkinci yaklaşım Olay İlişkili Potansiyeller (ERP/OİP) ile ilgilidir. Zekâ ve Olay ilişkili Potansiyeller (OİP) ile ilgili çalışmalar OİP tepe gecikmelerinin IQ ile korele olduğunu göstermiştir [4]. OİP çalışmalarında sıklıkla uyarıların farklı olasılıklarla verildiği oddball paradigması kullanılmaktadır [6].

OİP'lerden en sık çalışılan P300 sinyali bir uyarı karşısından beyin o uyarana tepki olarak oluşturduğu sinyaldir ve uyarandan yaklaşık 300ms sonra oluşmaktadır [10]. P300 sinyali oluştuğunda süregelen EEG sinyalinde yalnızca birkaç mikro voltluk potansiyel değişimi oluşturur [9]. Oddball paradigması ve sinyal işleme yöntemleriyle ile P300 sinyali belirginleştirilir.

Bireysel farklılıklarda P300 latansı zihinsel fonksiyonlarla ilişkilendirilir. Spesifik olarak daha kısa gecikmeler üstün performansla ilişkilendirilir [6]. Özellikle, üstün yetenekli çocuklar, ortalama IQ seviyesindeki çocuklarla karşılaştırıldığında P300 dalga formunda daha kısa gecikmeler tespit edilmiştir [6]. P300 genliği ise algısal işleme kapasitesinde bireysel farklılıkların ve bilgi aktarım gücünün zihinsen yeteneğe ne kadar katkıda bulunabileceği incelenmek istendiğinde kullanılabilir [4].

Bu çalışmada, Raven Standart Progresif Matrisler (RSPM) testi aracılığıyla ölçülen performanslar ile P300 sinyallerinin genlik ve latansları karşılaştırılarak, EEG sinyalleri-IQ ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır. P300 sinyallerinin genlik ve latans değerlerini bulmak için MATLAB Sinyal İşleme yöntemi kullanılmıştır.

## II. MATERYAL VE METOD

### A. Katılımcılar

Proje katılımcıları Erciyes Üniversitesi öğrencilerinden oluşmakta olup eğitim gördükleri branşlara göre Sayısal Grubu (Grup 1, n=14), Genel Yetenek Grubu (Grup 2, n=6), Sözel Grubu (Grup 3, n=16), olarak katagorize edilen 14 erkek, 14 kadın toplamda 28 katılımcıdan oluşmaktadır. Katılımcılar 18-24 yaş aralığında, nörolojik ve psikolojik bir rahatsızlığı ve kronik bir hastalık öyküsü bulunmayan bireylerden seçilmiştir. Ayrıca katılımcıların RSPM testi hakkında daha önce hiçbir deneyime sahip olmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma için etik onay alındıktan sonra, her katılımcıya proje hakkında bilgi verilerek Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu imzalatılarak onayları alınmıştır. RSPM testi proje ekibi tarafından alınmıştır.

### B. Zihinsel Yeteneklerinin RSPM Testi ile Ölçülmesi

RSPM Testi, görsel-mekansal algı, görselleştirme, kategorik değişim, çalışma belleği, inceleme ve genel yetenekleri ölçer. RSPM testi, her birinde on iki soru bulunan 5 set şeklinde (A, B, C, D ve E) düzenlenmiştir. Her soruda eksik bir şekil bulunmaktadır. Seçeneklerdeki formlardan biri bu eksik şekli tamamlar. İlk iki sette (A ve B), alternatif şekiller altı ve sonraki (C, D ve E) setlerde alternatif şekiller sekiz adettir. Testin zorluk seviyesi birinci setten beşinci sete ve her setin ilk sorusundan sonuncusuna doğru artar.

RSPM'deki soruların nitelikleri birbiriyle bağlantılıdır. Bu nedenle testin uygulanmasında katılımcının test sorularının sırasıyla çözülmesi gerektiği belirtilmiştir [8].

### C. Nörofizyolojik Kayıtların Kayıt Yöntemleri

Bu projedeki fizyolojik sinyaller, Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Bölümü'nde Biopac MP150 sistemi ve bu sistemle uyumlu EEG amplifikatörleri ile kaydedildi (2015). Uyarı vermek için Superlab 4 programı kullanıldı. Çalışmada ilk olarak IQ performans testi olan RSPM testi yapıldı. RSPM testini tamamlayan katılımcı, EEG kaydı için 2.5x3x3 m boyutlarında açık renkli, elektromanyetik ve ses geçirmez bir odaya alındı. Kafa derisi için özel tasarlanan Ag / AgCl elektrotları, katılımcıların kafalarına uluslararası 10/20 sistemine göre yerleştirildi (Şekil 1). Elektrot ve kafaderisi arasında iletkenliği sağlamak için EEG macunu kullanıldı. Referans noktası sol kulak memesi, topraklama için sağ kulak memesine yerleştirilen Ag/AgCl disk elektrotlar kullanıldı.

Uyarılmış Potansiyeller, beyin frontal (Fz, Fp1, Fp2), santral (Cz), parietal (Pz, P3, P4) ve oksipital (Oz) bölgelerinden kaydedildi (Şekil 1). Tüm elektrotların dirençleri 30 kOhm'un altında, yaklaşık 5 kOhm olarak kayıtlar alındı.

EEG kaydına başlamadan önce verilecek sürekli EEG kaydı 1kHz'lik örnekleme hızı ile alınmıştır. Oddball işitsel uyarı modelinde katılımcı rahatca oturduktan sonra gözlerini önündeki bir nesneye sabitlemesi istenmiştir. Test boyunca hedef uyarı her duyduğunda sağ/sol elindeki butona basması istenirken, hedef olmayan uyarı ise önemsememesi istenmiştir. İşitsel uyarılar, 10 ms plato ve 4 ms çıkış ve iniş süresi olan, 0,05 ms süren seyrek gelen (hedef uyarı, 2000Hz, 70dB, %20 olasılıklı) bip sesi ile tekrarlayan, (hedef olmayan/standart uyarı, 1000 Hz 70dB, %80 olasılıklı) ton patlamasından oluşan 120 seston oluşmaktadır. Rastgele verilen uyarıların arasındaki süre 2 sn'dir.



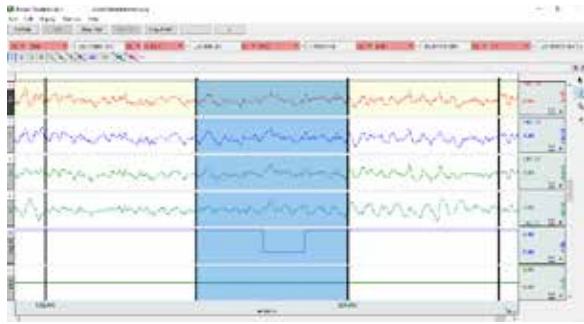
Şekil 1. Elektrotların katılımcının kafatasına uluslararası 10/20 sistemine göre yerleştirilmesi

## III. ANALİZ

Bu çalışmada, 4-kanallı EEG sinyalinden P300 sinyalinin elde etmek ve bu sinyalin genlik ve latans değerlerini bulmak için MATLAB Sinyal İşleme paketi kullanılmıştır. Belirtilen prosedürle kaydedilen EEG sinyallerinden (Şekil 3, Şekil 4) P300 sinyali elde edildi (Şekil 3) ve genlik ve latans değerleri hesaplanmıştır (Şekil 5, Şekil 6). P300 dalgalarının latans ve genlik değerleri ve RSPM testi sonuçlarının gruplararası karşılaştırılmasında biyoistatistiksel analizlerde ANOVA ve Post hoc Scheffe testleri kullanılmıştır.

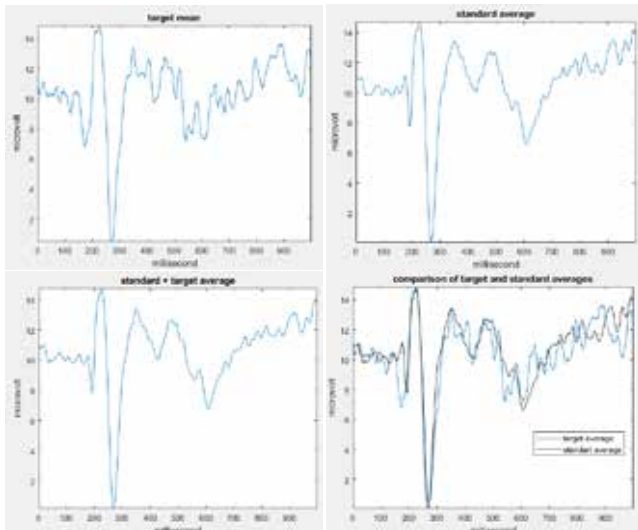
Giriş bölümünde bahsedildiği gibi, P300 sinyali bir uyarana karşısından beynin o uyarana tepki olarak yaklaşık 300ms sonra oluşturduğu sinyaldir ve EEG bandından oluşturulan bu tepki birkaç voltluktur. Bu tepkinin çok büyük olmaması diğer olası fizyolojik sinyallerden (elektromiyogram, elektrookulogram vb) etkilenmesine neden olur. Bu yüzden uyarının farklı zamanlarda tekrar edilmesiyle oluşan P300 tepki sinyallerinin ortalaması alınarak aktivitenin varlığı belirginleştirilir [9].

Katılımcıların EEG sinyallerinden hedef uyaranda, standart uyaranda, hedef+standart uyaranda üretilen P300 sinyallerinin ortalaması MATLAB R2018a kullanılarak bulunmuştur (Şekil 4).

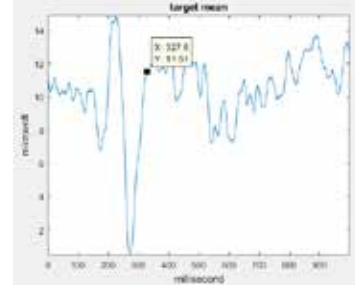


Şekil 3. Kaydedilmiş EEG sinyali ve hedef uyarana verilen tepki (butona basmak kare dalga oluşturur) sonucu olan bir P300 sinyalinin saklı olduğu EEG sinyali kesiti (Biopac-BSL Analysis 4.1)

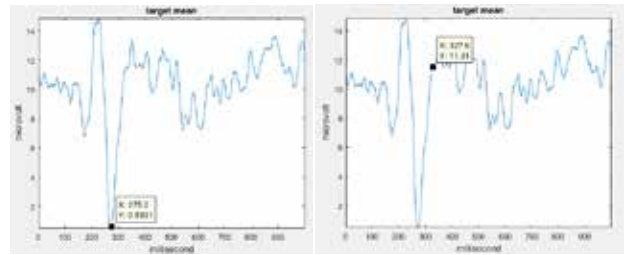
P300 sinyalinin eldesinden sonra P300 sinyalinin genlik ve latans değerleri hesaplanmıştır (Şekil 5-Şekil 6). 1000 ms ile kaydedilen bir EEG sinyalinde, P300 dalgasının yeri, yaklaşık 300 ms sonra (250-650 ms'nler arasındaki pozitif dalga) sinyalin tepe noktasıdır. Tüm katılımcıların P300 sinyalleri 4 ayrı kanalda (Fz, Cz, Pz, Oz), hedef, standart, hedef+standart versiyonlarında genlik ve latans değerleri bulunmuştur.



Şekil 4. Bir katılımcının beynin belli kanalından hedef (üst-sol), standart(üst-sağ), hedef+standart (alt-sol) P300 sinyalleri ve hedef ve standart uyarana P300 sinyallerinin karşılaştırılması (alt-sağ)



Şekil 5: Bir katılımcıdan hedef uyarana karşı oluşan P300 sinyalinin beynin Fz bölgesinde elde edilen latans değeri (X koordinatı)



Şekil 6: Hedef uyarana karşı Fz bölgesinde oluşan P300 sinyalinin başlangıç genliği (solda) ve bitiş genliği (sağda) (Y koordinatı)

#### IV. BULGULAR

##### A. RSPM Testi Bulguları

Raven testinde gruplar arası anlamlı farkın belirlenmesi için ANOVA testi uygulanmıştır ( TABLO 1).

PostHocScheffe testine göre; Grup 1-Grup 2 farklıdır (p <0,000), Grup 1- Grup 3 farklıdır (p <0,046). ANOVA testine göre RSPM testinde, gruplar arasında anlamlı fark bulundu (F = 12,92; p <0.000). PostHocScheffe test sonuçlarına göre; Grup 1 ve Grup 2 (p <0.000) ve Grup 3 (0.046) arasında anlamlı farklar gözlemlendi. Grup 1'in RSPM test sonuçları Grup 1 ve Grup 3'te anlamlı olarak daha yüksektir (Tablo 1). Bu, sayısal yetenek grubundaki katılımcıların IQ testinde daha yüksek yeteneği olduğunu göstermektedir.

TABLO 1. GRUPLARIN RAVEN TESTİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Grupların ve F-p değerleri					
Grup (n=14)	1	Grup 2 (n=8)	Grup 3 (n=6)	F	p
115,07 ± 13,4		87,62 ± 8,29	99,00 ± 5,87	12,92	0,000

##### B. Uyarılma Potansiyel Bulguları

Uyarılma Potansiyel kayıtlarının genlik değerleri gruplar arasında bölgelere göre ANOVA testi ile karşılaştırıldı (Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4). Bu karşılaştırmada frontal (F=3,44; p<0,048), santral (F=5,11; p<0,014), oksipital (F=3,69; p<0,039) bölgelerin hedef uyarılara karşılık oluşan cevap genlikleri; santral bölgede (F=5,99; p<0,007) standart uyarılara karşılık oluşan cevap genlikleri; santral (F=5,84; p<0,008) ve parietal bölgelerde (F=3,75; p<0,037) standart+hedef uyarılara karşılık oluşan cevap genliklerinde anlamlı fark bulundu.



PostHoc Scheffe testine göre frontal bölgenin hedef uyarılara karşılık oluşan kayıtlarında Grup 1 ile Grup 3 arasında anlamlı fark gözlemlendi ( $p<0,049$ ). Grup 1'in P300 genliği, Grup 3'ten anlamlı büyük bulundu. Santral bölgede hedef uyarılara karşı oluşan P300 genlik değerlerinde Grup 1 ile Grup 3 ( $p<0,01$ ) ve Grup 2 ile Grup 3 ( $p<0,03$ ) arasında anlamlı fark gözlemlendi. Grup 1 ve Grup 2'nin P300 genlikleri, Grup 3'den anlamlı yüksek bulundu. Grup 3'ün kognitif fonksiyonları Grup 1 ve Grup 2'ye göre daha düşük olduğu ifade edilebilir. Frontal-hedef, santral hedef, santral standart, antral standart + hedef, parietal standart + hedef, oksipital hedef P300 sinyallerinin amplitüdüleri Grup 3 de diğer gruplara göre düşük bulundu.

**TABLO 2. GRUPLARIN P300 GENLİKLERİNİN BÖLGELERE GÖRE HEDEF UYARANLARDAKİ ORTALAMA±SD 'LERİ VE İSTATİSTİKSEL KARŞILAŞTIRILMASI**

Gruplar ve F-p değerleri	Beynin Sinyal Alınan Bölgeleri			
	Fz ( $\mu$ V)	Cz ( $\mu$ V)	Pz ( $\mu$ V)	Oz ( $\mu$ V)
Grup1 (n=14)	11,63 ±4,21	13,10 ±3,95	10,90 ±2,84	8,19 ±3,62
Grup 2 (n=8)	10,61 ±3,39	12,80 ±3,41	9,66 ±3,43	6,27 ±2,90
Grup 3 (n=6)	6,92 ±2,40	7,95 ±1,34	7,90 ±2,29	4,18 ±1,31
F	3,44	5,11	3,75	3,69
p	0,048	0,014	0,037	0,039

**TABLO 3. GRUPLARIN P300 GENLİKLERİNİN BÖLGELERE GÖRE STANDART UYARANLARDAKİ ORTALAMA±SD 'LERİ VE İSTATİSTİKSEL KARŞILAŞTIRILMASI**

Gruplar ve F-p değerleri	Beynin Sinyal Alınan Bölgeleri			
	Fz ( $\mu$ V)	Cz ( $\mu$ V)	Pz ( $\mu$ V)	Oz ( $\mu$ V)
Grup1 (n=14)	10,51 ± 4,12	13,76 ±3,48	10,81 ±2,11	4,58 ±1,88
Grup 2 (n=8)	10,42 ±3,22	13,50 ±3,04	10,31 ±2,69	5,40 ±1,78
Grup 3 (n=6)	7,74 ±3,85	8,84 ±1,16	8,38 ±2,34	3,87 ±1,95
F	3,44	5,11	3,75	3,69
p	0,048	0,014	0,037	0,039

**TABLO 4. GRUPLARIN P300 GENLİKLERİNİN GÖRE BÖLGELERE GÖRE STANDART+HEDEF UYARANLARDAKİ ORTALAMA±SD 'LERİ VE İSTATİSTİKSEL KARŞILAŞTIRILMASI**

Gruplar ve F-p değerleri	Beynin Sinyal Alınan Bölgeleri			
	Fz ( $\mu$ V)	Cz ( $\mu$ V)	Pz ( $\mu$ V)	Oz ( $\mu$ V)
Grup1 (n=14)	9,95 ±4,39	13,58 ±3,53	10,62 ±2,37	4,58 ±1,75
Grup 2 (n=8)	9,06 ± 4,34	13,10 ±3,08	9,84 ±2,52	5,13 ±1,79
Grup 3 (n=6)	5,71 ±1,95	8,62 ±0,95	7,62 ±1,24	3,71 ±1,95
F	3,44	5,11	3,75	3,69
p	0,048	0,014	0,037	0,039

Frontal bölgede, hedef uyarın genlikleri, Grup 1 ile Grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,049$ ).

Santral bölgede; hedef uyarın genlikleri ; Grup 1 ile Grup 3 anlamlı farklı ( $P<0,018$ ), Grup 2 ile Grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,048$ ), standart uyarın genlikleri ise ; Grup 1 ile Grup 3 anlamlı farklı ( $P<0,010$ ), Grup 2 ile Grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,030$ ), standart +hedef uyarın genlikleri ise; Grup 1 ile Grup 3 anlamlı farklı ( $P<0,010$ ), Grup 2 ile Grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,040$ )

Parietal bölgede, standart +hedef uyarın genlikleri; Grup 1 ile Grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,038$ ).

Oksipital bölgede, hedef uyarın genlikleri; grup 1 ile grup 3 anlamlı farklıdır ( $P<0,044$ ).

Uyarılma Potansiyel kayıtlarının latansları gruplar arasında bölgelere göre ANOVA testi ile karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

## SONUÇ

Daha yüksek IQlu bireylerin daha kısa P300 latansına sahip olduğunu ve bunun da bu bireylerde bilgiyi daha hızlı şekilde değerlendirdiklerine işaret eden birçok çalışma mevcuttur [5-10] . Fakat bu çalışmadan bu teze ulaşılammıştır.

Bu çalışmada, daha büyük frekanslı P300 amplitüdü, daha yüksek mental yeterlilikle ile ilişkilendirildi. Bu ilişki, oddball paradigması kullanılan önceki çalışmalarda da bulunmuştur.

Bu veriler P300'ün bilişsel performansla ilişkili olabileceğini ve dolayısıyla P300'ün bilişsel işlevi değerlendirmede rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu da IQnun ölçülmesinde alternatif bir yol sunarak özellikle zihinsel engelli bireylerin gelişim takibi başta olmak üzere bir çok alanda kullanıma sunulabilecek bir IQ değerlendirme, takip sisteminin gelişmesine ön ayak sağlayabilir.

## BİLGİLENDİRME

Bu çalışma TÜBİTAK 2209A kapsamında 2014/2 başvuru döneminde 1919B011401872 başvuru numarasıyla desteklenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu projenin ilk aşamasını beraber yürüttüğüm ve birçok çalışmada beraber yol aldığım lisans tez ortaklarım Taner Varlı, Emine Karagöl, Merve Demir'e ve proje çalışmasına katılan tüm katılımcılara teşekkürü bir borç bilirim.

## KAYNAKLAR

- [1]Jahidin A., Taib M., Tahir N., Megat Ali M., Yassin I., Lias S, Isa R. Omar W, Fuad N., Classification of Intelligence Quotient Using EEG Sub-band Power Ratio and ANN During Mental Task, 2013
- [2]Vakili S., Tehranchian N., Tajziehchi M, Rezazadeh I. M., Wang X., An Empirical Study on the Relations between EEG Alpha-Beta Entropy & EQ- IQ Test Scores, 2012
- [3]Jaus'ovec N., Jausovec K., Differences in EEG current density related to intelligence, 2001
- [4]Pascalis V., Varriale E., Fulco M., Fracasso F., Mental ability and information processing during discrimination of auditory motion patterns: Effects on P300 and mismatch negativity, 2014
- [5]Zurron M., Diaz F., Conditions for Correlation between IQ and Auditory Evoked Potential Latencies, 1997
- [6]Zygouris N. C., Dermitzaki I., Karapetsas A. V., Differences in brain activity of children with higher mental abilities. An Event-Related Potentials study using the latency of P300 and N100 waveforms, 2015
- [7]Russo P., Pascalis V., Varriale V., Barratt E. S., Impulsivity, intelligence and P300 wave: An empirical study, 2008
- [8]Raven J.C. , Raven J, Court J.H. Manual for Raven's progressive matrices. Oxford Psychologists Press, Ltd. ;1993.
- [9]Argunşah A., G, Çürüklü A., B., Çetin M, Erçil A., Factors that Affect Classification Performance in EEG based Brain-Computer Interfaces
- [10] Troche S., J. , Houlihan M., E., Stelmack R., M., Rammsayer T., H., Mental ability, P300, and mismatch negativity: Analysis of frequency and duration discrimination, 2009