

EEG Özniteliklerindeki İstek Düzeyi Bilgisi ile Görev Zorluğu Tespiti

Detection of Task Difficulty From Intention Level Information in the EEG Features

Ela Koyaş, Elif Hocaoğlu, Müjdat Çetin, Volkan Patoğlu
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Sabancı Üniversitesi, İstanbul,
Email: {elakoyas, elifhocaoglu, mcetin, vpatoglu}@sabanciuniv.edu

Özetçe —Bu çalışmada, gönüllülerin deneydeki görev zorluklarına bağlı olarak gösterdikleri istek düzeylerinin tespitini yapan elektroensefalogram (EEG) tabanlı bir beyin-bilgisayar arayüzü (BBA) yaklaşımı sunuyoruz. Bunun için farklı ağırlıklardaki yükler sağ elde kaldırılırken dirsek bükmesi ve takiben gevşetilmesi hareketinin yapılması sırasında oluşan olgu ile ilgili eşzamanlanma ve eşzamanlanma bozulumu desenleri doğrusal ayırtaç analizi (DAA) ile sınıflandırılmaktadır. Sonuçlarımız değişen zorluklardaki görevlerin EEG sinyallerine dayalı olarak sınıflandırılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, EEG ve yüzey elektromiyogram (yEMG) sinyallerinden tespit edilen istek düzeyleri arasında bir ilinti analizi sunulmaktadır ve iki sinyal arasında tespit edilen belirli seviyedeki doğrusal ilişki sonuçlarımızı desteklemektedir. Fiziksel rehabilitasyon tedavileri sırasında hastaların istek seviyelerini belirleyebilmek hastanın terapideki görevine daha aktif katılımını sağlamakta ve robotik rehabilitasyon sistemlerinin etkinliğini arttırmaktadır. Bu nedenle, önerdiğimiz tipte bir istek düzeyi belirleme yaklaşımının bu tür fiziksel rehabilitasyon süreçlerinde faydalı olma potansiyeli mevcuttur.

Anahtar Kelimeler—EEG, BBA, yEMG, istek düzeyi, rehabilitasyon

Abstract—In this study, an approach which detects the level of intention in response to the difficulty of the task executed by the subjects in an electroencephalogram (EEG) based brain-computer interface (BCI), is proposed. For this purpose, event related synchronization and desynchronization patterns which occur in the process of lifting different weights by the right hand by executing elbow flexion and extension movements, are classified by the linear discriminant analysis (LDA). Our results show that the varying difficulty of the task can be classified based on the EEG signals. In addition, a correlation analysis between the intention levels detected from EEG and surface electromyogram (sEMG) signals is presented and the detected level of correlation between these two signals supports our previous inference. Determining the level of intention of the patients during the physical rehabilitation treatment, ensures the patients' active participation in their therapy task and increases the effectiveness of the robotic rehabilitation system. Accordingly, the type of intention level detection approach we propose here has the potential to be useful in such physical rehabilitation processes.

Keywords—EEG, BCI, sEMG, intention level, rehabilitation

Bu çalışma Sabancı Üniversitesi'nin IACF-11-00889, TÜBİTAK'ın 111E056 ve 111M186 sayılı projeleri ile desteklenmiştir.

I. GİRİŞ

Günümüzde milyonlarca kişinin günlük yaşam aktivitelerinde yaptığı hareketler, nörolojik yaralanmalardan ötürü kısıtlanmıştır. Nörolojik hastalıkların en önemli tedavi yöntemi olan fiziksel rehabilitasyon, hastaların kaybettikleri hareket becerilerini, onları terapinin aktif katılımcısı yaparak geri kazanmalarına olanak sağlanmaktadır. Bu sebeple hastanın yetisini kaybettiği harekete odaklanmasını gerektiren ve ilgi çekici görevler içeren rehabilitasyon sistemleri tasarlanmalıdır ve bunun için Beyin-Bilgisayar Arayüzleri (BBA) kullanılması çok güncel bir araştırma konusudur.

İnsan beyninin adaptasyon özelliği sayesinde, felçli hastaların, hayali motor hareketleri gerçekleştirerek BBA sistemlerini sağlıklı gönüllüler kadar etkin bir şekilde kullanabilecekleri literatürde gösterilmiştir [1]. Bunun yanında, [2], [3]'te EEG beyin sinyalleri tabanlı BBA sistemleri, robotik rehabilitasyon sistemleri ile birleştirilmiş ve bu sistemlerin hastaların üst uzuv yetilerini geri kazandırmada etkili olduğunu destekleyen sonuçlar sunulmuştur. Bahsedilen bu çalışmalarda, hastanın hareket etme isteği sistemin sadece başlangıç hareketini tetiklemek için kullanılmıştır ve bu sebeple hastanın dikkatinin tamamlaması beklenen görevi boyunca sürekli olup olmadığı incelenmemiştir. Dolayısıyla, hasta görevine katılmak için az veya çok çaba gösterse de her iki durumda da aynı geribildirim alacağı için bu sistemler hastanın terapiye aktif katılımını sağlayamaz. Bundan dolayı, hastaların rehabilitasyon süresince istek düzeylerinin tespit edilerek robotik sistemin hastaya ne kadar yardım etmesi gerektiğinin belirlenmesi, hastayı görevinde daha aktif kılma ve tedavinin etkinliğini artırma potansiyeline sahiptir ve bu durum çalışmamızın da motivasyon noktası olmuştur.

Literatürde, yüzey elektromiyografi (yEMG) sinyalleri aracılığı ile kontrolü gerçekleştirilen rehabilitasyon cihazlarının kullanıldığı ve hastanın aktif bir şekilde dahil edildiği rehabilitasyon terapilerine yönelik çeşitli teknikler yer almaktadır. yEMG sinyalleri, insanın harekete yönelik istem bildirimini doğrudan ilişkili olduğundan ve ihtiyaç duyulan robot desteğini yeterince hızlı şekilde iletebildiğinden, hastanın sağlıklı kas bölgesi kullanılarak insan-robot ara yüzlerinde tercih edilmektedirler [4]. Çalışmaların birçoğunda robotik cihaz tarafından sağlanan destek, antagonistik kas gruplarından kaydedilen yEMG sinyallerinin farkının ağırlıklı fonksiyonu ile doğrudan orantılı olup hastanın hareket istemini ifade etmektedir [5]. Ancak, yEMG temelli yaklaşımlar sağlıklı çalışabilen bir kas yapısı gerektirdiklerinden, engellilik durumu ciddi

seviyelerde olan hastalar için uygulanabilir nitelikte değildir. Bu gibi durumlara yönelik uygulanabilir alternatif çözüm BBA temelli sistemler tarafından sağlanabilmektedir.

Yakın geçmişte EEG tabanlı BBA literatüründe, kişilerin ruhsal stres veya duygu seviyelerini EEG sinyallerinden çıkaran çalışmalar sunulmuştur [6], [7]. Ancak geliştirilen bu yöntemler, deneyde gerçekleştirilen göreve ve kişinin yorumlarına özel olmakla birlikte rehabilitasyon sistemlerinin çevrim içi kontrolü için uygun yapıya sahip değildir. Buna karşılık, rehabilitasyon terapilerinde, hastanın gerçekleştirdiği görevin hızı istek düzeyi ile ilintili olma potansiyeline sahiptir ve bu konu ile ilgili [8], [9]'de çalışmalar sunulmuştur.

Daha önceki çalışmalarımızda [10], [11], doğrusal ayırtaç analizinden (DAA) çıkarılan sonsal olasılık değerleri kişinin istek düzeyini belirten bilgi olarak seçilip bir rehabilitasyon robotunun hızını kontrol etmek için kullanılmıştı. Bahsedilen çalışmalardaki amacımız, kişiyi görevi boyunca aktif tutmak olduğu için onu motive eden ve faydalı geri bildirimlerde bulunan BBA tabanlı bir robotik rehabilitasyon sistemi tasarlamaktı. Ancak sonsal olasılık değerlerinin anlık istek düzeylerinin belirlenmesi için kullanılmasının doğru bir ölçüm olduğunu gösteren bir çalışma gerçekleştirilmemişti.

Bu çalışmanın esas katkısı gönüllülere verilen görevin zorluk seviyesine bağlı olarak, EEG sinyalleri aracılığı ile istek seviyelerini ortaya çıkaran bir yaklaşım sunmaktır. Bu amaçla, sağlıklı gönüllülerden dinlenmeleri ya da sağ dirseğin bükülmesini takiben esnetilmesi hareketini, sağ elleri ile farklı yüklerdeki ağırlıkları kaldırarak gerçekleştirmeleri istenir. Kaldırılması istenilen yük miktarı arttıkça, gönüllünün daha fazla çaba göstermesi gerektiği bilgisi göz önünde tutularak, önerdiğimiz bu yöntemde DAA, "ağırlık 1", "ağırlık 2", "ağırlık 3" yüklerini kaldırma ve dinlenme periyotlarını olgu ile ilgili eşzamanlanma ve eşzamanlanma bozulumu desenleri ile sınıflandırmak amacıyla kullanılmıştır. Bununla birlikte, EEG sinyalleri aracılığı ile tespit edilen hareket istek seviyesindeki değişimi doğrulamaya yönelik olarak ek bir çalışma yapılmış ve eş zamanlı olarak kaydedilen yEMG sinyallerine ilinti analizi uygulanmıştır. Sınıflandırma sonuçlarımız, farklı yükleri kaldırma sürecinde üretilen EEG sinyallerini sınıflandırmanın mümkün olduğunu göstermektedir. Hastaların hareket istek seviyesi bilgisinden faydalanılarak geliştirilen BBA temelli bir robotik rehabilitasyon protokolü ile engellilik durumu ciddi seviyelerde olan hastaların tedaviye yönelik egzersizlere aktif olarak katılımını garantilemek ve böylece robot destekli terapilerin faydasını arttırmak mümkün olabilir.

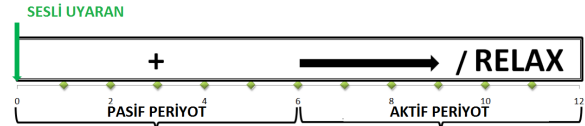
Bildirinin 2. Bölümü'nde sistemin BBA bileşeni anlatılmaktadır. 3. Bölüm'de EEG tabanlı deney düzeneği, EEG kayıt sisteminin, öznetelik çıkarımı ve sınıflandırma yöntemlerinin detaylı açıklaması ile birlikte sunulmaktadır. 4. Bölüm'de ise EEG ve yEMG tabanlı olan ikinci deney düzeneği, yEMG kayıt sistemi, yEMG'den öznetelik çıkarımı, EEG-yEMG ilinti analizi ve EEG sınıflandırma sonuçlarına yer verilmiştir. Son olarak, 5. Bölüm'de bu çalışmada ulaştığımız vargılar ve devam etmekte olan yeni çalışmalarımız anlatılmaktadır.

II. BBA SİSTEMİ

BBA yüzeysel veya yüzeysel olmayan yöntemlerle ölçülen beyin sinyallerini komutlara çevirir. Yüzeysel olmayan yöntemler daha gürültüsüz sinyallerin kaydedilmesine imkan

sunmasına rağmen, yüzeysel ölçüm yöntemlerinin kullanılması belirgin olarak daha pratik, kolay, maliyeti düşük ve gönüllüler için daha güvenlidir. Yüzeysel EEG tabanlı bir BBA sisteminin esas amacı, EEG sinyalleri ile beyindeki elektriksel aktiviteyi ölçmek ve örüntü analizi uygulayarak kişinin isteğini sınıflandırabilmektir. Kullanıcının isteğine bağlı olarak oluşan ritmik beyin aktivitelerini öne çıkarmak için tasarlanmış deneylerde, EEG sinyalinin altında yatan örüntüler motor hareketleri ile bağlantılı olan olgu ilgili eşzamanlanma bozulumu ve dinlenme periyotlarına bağlı olan olgu ile ilgili eşzamanlanma desenleri ile tanımlanmaktadır [12].

BBA sisteminin zamanlama şeması Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu deney düzeneğinde, 6 saniyelik pasif periyodun 6 saniyelik sağ kol hayali motor hareketi veya dinlenme periyodu ile devam etmesine sınama grubu adı verilmiştir. Dolayısıyla, bir sınama grubu 12 saniye sürmektedir. Her pasif periyotta "+" işareti uyarı olarak ekranda belirir ve bu sırada toplanan veri sinyal analiz işlemine tabi tutulmaz. Sağ kol hareketinin gerçekleştirilmesini belirtmek için sağ ok, dinlenme periyodu içinse "RELAX" yazısı ekranda uyarı olarak gösterilmiştir. Her görsel uyarı öncesine sesli uyarı eklenmiştir. Sınama gruplarının içerikleri (hareket veya dinlenme) herhangi bir sistematik hatayı engellemek için rastgele seçilmiştir. 20 sınama grubu (10 sağ kol hareketi/ 10 dinlenme sınama grubu) bir araya gelerek bir akış ve üç akış bir oturumu oluşturmaktadır. Her akışın ilk sınama grubu, oluşabilecek bir hatayı önlemek için çevrim dışı analize sokulmamıştır.



Şekil 1: Bir sınama grubunun zamanlama şeması ve kullanılan uyarılar.

III. EEG DENEYLERİ

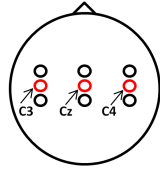
EEG sinyallerinden görev zorluğuna bağlı istek düzeyi tespiti için üç birbirini izleyen oturumdan oluşan bir deney tasarlandı. Gönüllülerde oluşabilecek yorgunluğu engellemek için, her oturum arasında dinlenme süresi verildi. Gönüllülerden ekranda gösterilen uyarılara göre dinlenmeleri veya sağ ellerinde farklı yüklerde ağırlıklar taşıırken sağ kollarını tamamen bükmeleri ve takiben gevşetmeleri istendi. Gönüllülerden ilk oturumda hiçbir yük kaldırılmadan, ikinci oturumda belirli bir yükteki ağırlığı ve üçüncü oturumda ise daha yüklü bir ağırlığı sağ ellerinde tutarak, kollarını dirsekten bükme ve takiben gevşetme hareketini yapmaları istenmiştir. Yüklerin ağırlıkları gönüllünün kaslarından elde edilen en büyük güç değerine göre 1280-7280 gram arasında değiştirilmiştir.

A. EEG VERİ TOPLAMASI

EEG sinyallerinin kayıtları Biosemi ActiveTwo EEG kayıt cihazımızın ActiView kayıt yazılımında, Şekil 2'de gösterilen uluslararası 10-20 elektrot yerleşim düzenindeki, C_3 , C_z , C_4 kanallarından Ag-AgCl elektrotlar kullanılarak 512 Hz ile örneklenmiştir. Her elektrodun alt ve üst komşusundan gelen sinyalin ortalaması, bu elektrottan gelen sinyalden çıkarılarak üç tane referanslanmış kanal elde edilmiştir.

B. EEG VERİ ANALİZİ

Bu çalışmada, olgu ile ilgili eşzamanlanma bozulumu ve eşzamanlanmaya bağlı olarak oluşan, *alfa* (α , 8 – 13Hz),



Şekil 2: Deneylerde EEG kaydı için kullanılan elektrotların konumları.

σ (σ , $14Hz - 18Hz$), β (β , $16 - 24Hz$) ve β_2 (β_2 , $24 - 30Hz$) frekans bantlarının güçlerindeki değişimler öznitelik olarak kullanılmıştır. Bilgi içeren beyin aktivitesi, uyarının ekranda belirmesinden hemen sonra gözlemlendiği için bir sınıma grubundaki sinyalin tamamı yerine belirli bir zaman aralığını kapsayan bir pencere içindeki güç değişimleri incelenmiştir. Seçilen frekans bantlarındaki ortalama güç yoğunluğu öznitelik olarak kullanılmıştır. Sinyal frekans bazında incelendiği için sinyale, pencereleme boyutu 512 ve her aşamada pencerenin kaydırılma miktarı 64 örnek olarak ayarlanan Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü uygulanmıştır. Her elektrot için, frekans bantlarının zaman penceresi aralığındaki ortalama spektral güç yoğunluğu hesaplanarak öznitelik olarak seçilmiştir. Dolayısıyla 3 elektrot ve her elektrot için 4 farklı spektral güç yoğunluğu olmak üzere toplam 12 öznitelik sınıflandırıcıya girdi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada, hızlı, kararlı ve tutarlı bir sınıflandırma yöntemi olan DAA, elde edilen öznitelikler ile motor hareketlerini sınıflandırmak için kullanılmıştır. DAA yöntemini kullanan sınıflandırıcının başarımını ölçmek için ikili çapraz doğrulama yöntemini 300 kez uygulayarak birbirinden farklı %75'e %25 oranı ile eğitim ve test kümeleri oluşturulmuş ve sınıflandırılmıştır. Sınıflandırıcının performansı ise elde edilen 300 başarım oranının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

İlk sınıflandırma problemi sağ kol hareketlerini dinlenme periyotları ile karşılaştırmak için kurulurken, ikinci sınıflandırma probleminde, her oturum bir biri ile sınıflandırılmıştır (ağırlık 1'e karşı ağırlık 2, ağırlık 1'e karşı ağırlık 3, ağırlık 2'ye karşı ağırlık 3). Son olarak, üçüncü sınıflandırma problemi üç sınıfla (ağırlık 1, ağırlık 2, ağırlık 3) kurulmuş ve hangi ağırlığın kaldırıldığı bulunmaya çalışılmıştır. Burada ağırlık 1 hiç yük olmamasını, ağırlık 2 belirli bir yükü, ağırlık 3 ise daha ağır bir yükü temsil etmektedir.

Bu deneye yaşları 23 ve 25 olan 2 sağlıklı gönüllü katılmıştır ve sınıflandırma sonuçları Tablo I'de gösterilmektedir. Bu deney için beta frekans bandı daha çok bilgi içeren frekans bandı olarak bulunmuştur. Bu sebeple sadece beta frekans bandında hesaplanan değerlerin öznitelik olarak kullanıldığı sonuçlar da ayrıca sunulmuştur. Burada Tablo I(a) ve I(b) iki sınıflı problemleri içerirken, Tablo I(c) üç sınıflı bir problemin sonuçlarını göstermektedir. Sonuçlar, hareket periyotlarının başarıyla belirlenebileceğini ve gönüllülerin zorluk seviyesine bağlı olarak istek düzeylerinin EEG sinyallerinden umut verici bir başarım oranıyla elde edilebileceğini göstermektedir.

IV. EEG VE EMG DENEYLERİ

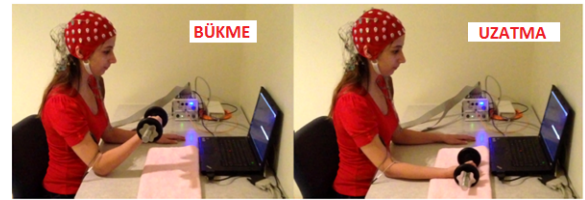
Bölüm III'te sunulan sınıflandırma sonuçları, EEG'nin zorluk seviyesi hakkında bilgi içerdiğine dair kanıtlar sağlamıştı. Bu bölümde, aynı sınıflandırma problemleri daha farklı bir deney düzeneği ile tekrar kurulmuştur. Bu deney düzeneğinde,

Oturum	Frekans	Gönüllü A	Gönüllü B
1	<i>hepsi</i>	79.64	83.43
	β	82.10	78.55
(a) 2	<i>hepsi</i>	83	79.60
	β	85.38	78.29
3	<i>hepsi</i>	88.22	87.36
	β	89.60	86.21
Ağırlık	Frekans	Gönüllü A	Gönüllü B
1'e karşı 2	<i>hepsi</i>	58.64	55.31
	β	64.62	63.90
(b) 1'e karşı 3	<i>hepsi</i>	88.31	79.05
	β	94.32	73.19
2'ye karşı 3	<i>hepsi</i>	80.90	78.95
	β	89.45	79.52
	Frekans	Gönüllü A	Gönüllü B
(c)	<i>hepsi</i>	62.92	60.59
	β	69.83	61.11

Tablo I: (a-c) EEG tabanlı deneylerin 1., 2. ve 3. sınıflandırma problemleri için elde edilen sınıflandırma başarımları.

yEMG ile deney sırasında kaldırılan yük miktarı arasındaki çok iyi bilinen ilişki öncelikle doğrulanarak kullanılmıştır. Bu sayede aynı anda kaydedilen EEG ve yEMG'den çıkarılan öznitelikler arasında ilinti analizi yapılması fikri ortaya çıkmıştır. Bu deneyde EMG değerlerinin kolun bükülme miktarından etkilenmemesi için, gönüllülerden hareket periyotlarında kollarını Şekil 3'te gösterildiği gibi sadece 30° bükmeleri ve gevşetmeleri istenmiştir.

EEG sinyalleri ile eş zamanlı olarak, üst kol üzerindeki biceps brachii kası yüzeyine yerleştirilmiş yüzey elektrotları tarafından algılanan yEMG sinyalleri bir veri toplama cihazı (Delsys-Bagnoli-8) tarafından kaydedilmiştir. Ham yEMG sinyalleri 1 kHz örnekleme frekansına sahip olup (NI USB 6251), yalnızca 20-500 Hz frekans bandında yer alan sinyal bileşenlerini geçiren bir bant-geçiren süzgeç yardımı ile işsel ve çevresel gürültülerden arındırılma işlemine tabi tutulmuştur. Bir sonraki işlemde, yEMG sinyalinin harekete yönelik isteklilik seviyesi ve ilgili kas grubu tarafından üretilen kuvvet miktarı arasındaki ilişkiyi ifade edebilmek amacıyla karesel ortalama metodundan yararlanılmıştır.



Şekil 3: 30° dirsek bükme hareketinin gevşeme ile takip edilmesi.

A. EEG VERİ ANALİZİ

Deneylere yaşları 23-31 arasında değişen sağlıklı 3 gönüllü katılmıştır. Bölüm III'te tanımlanan sınıflandırma problemleri bu deneye uygulanmıştır ve sonuçları Tablo II'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar Bölüm III'te varılan çıkarımları desteklemiştir.

B. yEMG VERİ ANALİZİ

Karesel ortalama yöntemine tabi tutulmuş yEMG sinyalinin ifadesi, bir kasın kasılması durumunda motor biriminde meydana gelen fizyolojik aktivitelerin seviyesi ile ilişkilidir. Bu bilgi doğrultusunda, bireyin tabi tutulduğu göreve bağlı olarak kas etkinliği seviyesindeki değişimi yansıtan karesel ortalama

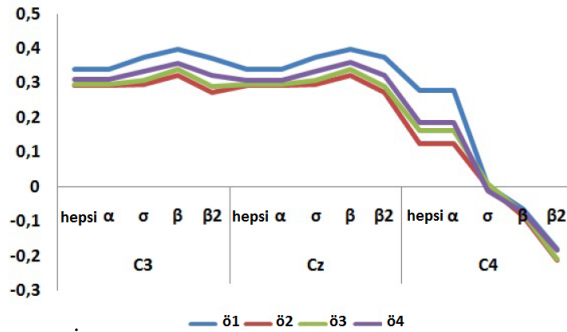
Oturum	Frekans	Gönüllü C	Gönüllü D	Gönüllü E	
(a)	1	hepsi	62.43	53.64	69.17
		β	59.38	53.64	65.62
	2	hepsi	71.72	60.45	74
		β	76.67	72.21	59.86
	3	hepsi	84.69	61.95	66.64
		β	83.23	64.69	71.03
Ağırlık	Frekans	Gönüllü C	Gönüllü D	Gönüllü E	
(b)	1'e karşı 2	hepsi	60.98	75.19	67.14
		β	70.74	77.31	64.12
	1'e karşı 3	hepsi	84.46	76.36	76.26
		β	78.64	77.82	73.82
2'ye karşı 3	hepsi	75.69	78.90	65.67	
	β	60.74	74.21	68.15	
Frekans	Gönüllü C	Gönüllü D	Gönüllü E		
(c)	hepsi	54.65	63.37	49.85	
	β	52.017	68.45	49.84	

Tablo II: (a-c) EEG-yEMG tabanlı deneylerin 1., 2. ve 3. sınıflandırma problemleri için elde edilen sınıflandırma başarımları oranları.

yöntemi uygulanarak yEMG sinyalinden dört farklı öznitelik elde edilmiştir [13]. İşlenmiş yEMG sinyalinin 3000. ve 5000. örneklerini içeren (5.9-9.8 s) bir pencere içindeki en büyük, toplam ve enerji değerleri ile, sinyalin en büyük değerini merkez alan ve 1500 örnek komşuluklarını kapsayan bir pencerenin enerjisi hesaplanmış ve yEMG öznitelikleri olarak kullanılmıştır.

C. İLİNTİ ANALİZİ

yEMG ve görev zorluğu arasındaki iyi bilinen ilişkinin ışığında, EEG ve yEMG öznitelikleri arasında yapılacak bir ilinti analizi, sınıflandırma sonuçları ile elde ettiğimiz EEG'nin istek düzeyi bilgisine sahip olduğu çıkarımını destekleyecek bir ek çalışma olacaktır. Bu amaçla, her gönüllü, elektrot ve frekans bandı için elde edilen EEG öznitelikleri ile yEMG öznitelikleri arasındaki ilinti katsayıları hesaplanmıştır. Her EMG özniteliği için gönüllü bazında alınan ortalama ilinti katsayıları Şekil 4'de gösterilmiştir. Her EEG ve yEMG öznitelikleri için C_3 ve C_z kanallarından elde edilen yEMG ve EEG öznitelikleri arasındaki ilişkinin tutarlı olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4: İlinti analizi: Her yEMG özniteliği için gönüllü bazında alınan ortalama ilinti katsayıları.

V. VARGILAR

Bu çalışmada, "Tasarlanan motor hareket deneyinde, kişinin EEG sinyali, yapılması istenen görev zorluğuna bağlı olarak oluşan istek düzeyleri bilgisini veriyor mu?" sorusu ile ilgilendik. Bu sorudaki motivasyonumuz, BBA tabanlı robotik rehabilitasyonda hastanın istek düzeyinin tespitinin hastayı aktif kılmaya olanak sağlamasıdır. Bu amaçla, dirsek bükme ve gevşetme hareketleri içeren iki farklı veri toplama deneyi tasarladık. Her deney, farklı görev zorluklarına bağlı istek düzeyleri

elde etmek için farklı ağırlıklardaki yükleri kaldırmaya yönelik olan oturumları içermektedir. Gönüllünün dinlenmesinin veya sağ elindeki ağırlığı kaldırarak dirsek bükme ve gevşetme hareketi gerçekleştirmesinin istendiği, uyarın tabanlı bir BBA arayüzü ile EEG sinyali eş zamanlı olarak kaydedildi. Olgu ile ilgili eşzamanlanma bozulumu ve eşzamanlama örüntülerini sınıflandırmak için DAA yöntemi kullanıldı. Görev zorluklarını (hangi yükün kaldırıldığı) veya dinleme periyotlarını içeren çeşitli iki ve üç sınıflı sınıflandırma problemleri kuruldu. İlk deneysel sonuçlarımız EEG sinyalinden görev zorluğuna bağlı istek tespitinin yapılabileceğini göstermiştir. İkinci tip deneyimizde, EEG ile eş zamanlı olarak yEMG sinyali de kaydedilmiştir. yEMG'nin motor hareket deneylerinde görev zorluğu ile ilgili bilgi içerdiği için EEG ve yEMG öznitelikleri arasında bir ilinti analizi yapılarak görev zorluğunun EEG sinyalinden çıkarımı tekrar incelendi. Sonuçlarımız iki tip sinyal arasında belirli bir miktarda ilişki olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

- [1] C. Wang, K.S. Phua, K.K. Ang, C. Guan, H. Zhang, R. Lin, Chua, K.S.G., B.T. Ang ve Kuah, C.W.K., *A feasibility study of non-invasive motor-imagery BCI-based robotic rehabilitation for stroke patients*, IEEE/EMBS Conf. on Neural Engineering, s. 271-274, 2009.
- [2] D. C. S. M. Girijesh Prasad, Pawel Herman ve J. Crosbie, *Applying a brain-computer interface to support motor imagery practice in people with stroke for upper limb recovery: a feasibility study*, J. of Neuroengineering and Rehabilitation, cilt 7, sayı 60, s. 1-17, 2010.
- [3] K. K. Ang, C. Guan, K.S.G. Chua, B.T. Ang, C. Kuah, C. Wang, K.S. Phua, Z.Y. Chin ve H. Zhang, *Clinical study of neurorehabilitation in stroke using EEG-based motor imagery Brain-Computer Interface with robotic feedback*, IEEE Int. Conf. on Engineering in Medicine and Biology Society, s. 5549-5552, 2010.
- [4] R.A.R.C. Gopura, K. Kiguchi ve Y. Li, *SUEFUL-7: A 7DOF upper-limb exoskeleton robot with muscle-model-oriented EMG-based control*, Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, s. 1126-1131, 2009.
- [5] R. Song, KY. Tong ve L. Li, *Assistive control system using continuous myoelectric signal in robot-aided arm training for patients after stroke*, IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng., cilt 16, sayı 4, s. 371-379, 2004.
- [6] L. Jiang, C. Guan, H. Zhang, C. Wang ve B. Jiang, *Brain computer interface based 3D game for attention training and rehabilitation*, IEEE Conf. on Industrial Electronics and Applications, s. 124-127, 2011.
- [7] D. Huang, H. Zhang, K. Ang, C. Guan, Y. Pan, C. Wang ve J. Yu, *Fast emotion detection from EEG using asymmetric spatial filtering*, IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), s. 589-592, 2012.
- [8] J. Lv, Y. Li ve Z. Gu, *Decoding hand movement velocity from electroencephalogram signals during a drawing task*, J. of BioMedical Eng., sayı 1, s. 64, 2010.
- [9] H. Yuan, C. Perdoni ve B. He, *Relationship between speed and EEG activity during imagined and executed hand movements*, J. of Neural Eng., cilt 7, sayı 2, s. 124-127, 2010.
- [10] M. Saraç, E. Koyaş, A. Erdoğan, M. Çetin ve V. Patoğlu, *Brain computer interface based robotic rehabilitation with online modification of task speed*, IEEE Int. Conf. on Rehabilitation Robotics, 2013.
- [11] E. Koyaş, M. Saraç, A. Erdoğan, M. Çetin ve V. Patoğlu, *Control of a BCI-based upper limb rehabilitation system utilizing posterior probabilities*, IEEE 22. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 2013.
- [12] G. Pfurtscheller ve F.H. Lopes da Silva, *Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: Basic principles*, Clinical Neurophysiology, cilt 110, sayı 11, s. 1842-1857, 1999.
- [13] M.F. Bøg, E. Erkocevic, M.J. Niemeier, J.R. Mathiesen, A. Smidstrup, ve E.N. Kamavuako, *Investigation of the linear relationship between grasping force and features of intramuscular EMG*, 15th Nordic-Baltic Conf. on Biomedical Engineering and Medical Physics, cilt 34, s. 121-124, 2011.