



Duygu Durum Değişimlerinin EEG-Gama Bandı Öznitelikleri ve Farklı Sınıflandırıcılar ile İncelenmesi

Investigation of Emotional Changes Using Features of EEG-Gamma Band and Different Classifiers

Merve DOĞRUYOL BAŞAR

Elektrik Elektronik Mühendisliği
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
İstanbul, Türkiye
mervedb@istanbul.edu.tr

Adil Deniz DURU

Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu,
Marmara Üniversitesi,
İstanbul, Türkiye
deniz.duru@marmara.edu.tr

Aydın AKAN

Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
İzmir, Türkiye
aydin.akan@ikc.edu.tr

Özetçe—Çalışma kapsamında, sinyal işleme yöntemi kullanılarak, sağlıklı bireyler üzerinde meydana gelen duygu durumlarının üç başlık altında incelenmesi ve duygu durumlarının birbirleri arasındaki bağlantısallık incelenmiştir. Nencki Duygusal Resim Sistemi (NAPS) veri setinden edinilen görsel uyaranlar ile EEG sinyalleri kayıt altına alınmış ve güç yoğunluk spektrumu (GYS) incelenmiş olup devamında çeşitli sınıflandırıcılar ile sınıflandırma yapılmıştır. İlgili çalışmada, EEG alt frekansları içerisinde bulunan gama bantlarındaki bağlantısallık üzerinde analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, EEG veri setinden elde edilen değerler neticesinde negatif, nötr ve pozitif uyaranlar arasındaki bağlantılar, çeşitli sınıflandırıcılarla analiz edilerek EEG sinyallerinden duygu durum kestirimi için başarımlar elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemelerin, beyin bilgisayar ara yüzü ve duygu durum kestirimi ile ilgili gelecek çalışmalara bir altyapı oluşturması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler—EEG; Duygu durum analizi; Güç yoğunluk spektrumu; sınıflandırma.

Abstract— This study focuses on a signal processing method, which qualifies the relation between the emotional stimulation and emotional changes in healthy participants. For this purpose, an emotional EEG-based database was created by using stimuli which represented to the participants by using Nencki Affective Picture System (NAPS) for the scope of this study. Then, signal processing which includes Power Spectral Density (PSD) and a number of classification analysis is investigated. PSD was analyzed for the emotion connectivity between three types of emotional stimuli to the sub frequency band (gamma band) of the collected EEG-based data. In recent times, most of the studies commonly concentrated on the Brain-Computer Interface (BCI) and we aim that this study performed on emotional changes analyses based BCI systems will be estimable work for the researchers working in this scope.

Keywords—EEG; Emotion estimation; Power spectral density; classification.

I. GİRİŞ

Kafatası yüzeyinden elektrotlarla ilk EEG ölçümü 1926 yılında sinirbilim çalışmaları için yapılmış olup devamında gelen birçok çalışmaya öncü olmaya devam etmektedir [1].

Duygu durum kestirimi başlığı altında güncel çalışmalar incelendiğinde, kullanılan görsel uyaranların birey üzerine etkisi ile ilgili ilk detaylı çalışmalar 1970'lerin başlarında IAPS fotoğraf kümesi ile incelenmeye başlanmıştır [2]. Literatürde ve güncel çalışmalarda duyguyu incelerken kullanılmakta olan görsel etkileşimi, bu etkileşimdeki nöropsikolojik yaklaşım ve bilişsel duygu durumları incelenmesinde Russell modeline (*ing.* Russell's circumplex model of affect) göre duygulanım iki boyutlu ölçek olan uyarılma ve aktivasyon düzlemlerinde incelenmektedir.

Aktivasyon eksenini; pozitif, nötr ve negatif, uyarılma eksenini; yüksek ve düşük uyarılma olmak iki başlık altında incelenmektedir. Russell'in modeline göre tanımlanmak istenen duygu, temel duygunun sadece biri, nötr seviye veya temel duyguların ikili kombinasyonları şeklinde ifade edilebilir [3]. Çalışma kapsamında da kullanılmakta olan NAPS veri seti, 2014 yılında Marchewka'nın psikolog ve nörolog arkadaşları tarafından oluşturulmuştur. Oluşturdukları veri grubu görsel, işitsel ve yazılı materyallerden oluşmaktadır. NAPS görsel sistemi; 5 kategori altında (insan, yüz, hayvan, obje, manzara) yüksek çözünürlüklü fotoğrafları içermektedir [4].

Literatür kapsamında görsel uyaran kullanılarak incelenen çalışmalardan bazıları; Kumar ve ark. çalışmalarında, EEG veri setinde aktivasyon ve uyarılma boyutlarını incelemişlerdir ve aktivasyon ve uyarılma boyutları için sırasıyla %64.84 ve %61.17 doğruluk değerlerini elde etmişlerdir [5]. Matlovic ve ark. çalışmalarında aktivasyon ve uyarılma ölçeklerini incelemiş olup temel bazı duyguları irdelemişlerdir. Elde ettikleri en yüksek doğru duygu tahmini başarımları %53 olmuştur [6]. Ang ve ark. tarafından yapılan çalışmada, görsel uyaranlar

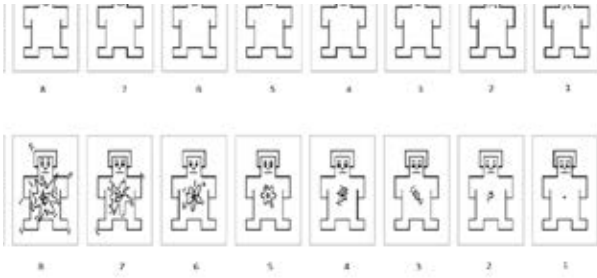
yardımı ile oluşturulan EEG veri setine dalgacık dönüşümü yöntemi uygulanmış olup iki temel duygunun doğru olarak tespit edilme oranı %81.8 olmuştur [7]. Zahra ve ark. yaptıkları çalışmada, epileptik durumu içeren EEG verisi üzerinde çalışmışlar ve %87.2 oranıyla doğru duygu durum tahmininde bulunmuşlardır [8]. Basar ve ark. yaptıkları çalışmada, görsel uyaranlar kullanmış ve beyin bölgeleri arasındaki ilişkiyi incelemiş olup farklı alt bantlarda farklı bölgelerin aktivasyonunun olduğunu ve görsel türüne göre değişiklik gösterdiğini incelemişlerdir [9].

Bu çalışmada, seçilen görsel uyaranların, üç temel duygu türünü (negatif, nötr, pozitif) incelemek amacıyla bireylere uygun ortam koşullarında gösterilmesi sağlanmıştır. 16 kanaldan alınan EEG sinyallerine GYS uygulanmış olup, elde edilen öznitelikler çeşitli sınıflandırıcılar ile görsel uyaran türlerinin aralarındaki duygusal bağlantısallık EEG'nin alt frekans bandı olan gama bandında incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

II. MATERYAL VE METHOD

A. Çalışma Kapsamında Oluşturulan Veri Seti

Çalışma kapsamında, duygu durum analizi çalışmalarını yürütmek amacıyla oluşturulan EEG sinyalleri, sağlıklı bireylere NAPS görselleri gösterilerek elde edilmiştir. Her üç görsel türünden 48'er tane olmak üzere toplamda 144 görsel seçilmiştir. Bireylere tam ekran karşısında 3 saniye boyunca uyaranlar gösterilip oylama yapmaları istenmiştir.



ŞEKİL 1. SAMI ölçeği (uyarımla ve aktivasyon eksenleri)

Oylama işlemi, Şekil 1'deki 9 ölçekli SAM değerlendirme ölçeğine dayanmaktadır [10]. Tüm oylamalar uyarılma ve aktivasyon değerlerinin ortalamaları olarak raporlanmış olup ortalama değerleri ile çalışmalar sürdürülmüştür.

Deney düzeneğinin bireye gösterilme aşamaları C# yazılımı ile diğer tüm analizler ise Matlab ile oluşturulmuştur. 16 kanallı 'Brain Products actiCAP' EEG cihazı beyinin 16 farklı noktasından (F3, Fp1, P3, O1, C3, Fz, T7, Cz, Fp2, F4, C4, T8, Pz, P4, O2, Oz, EDF) alınan sinyaller kayıt edilmiştir. Bireylerden ses yalıtımlı bir odada bir kişinin gözetimi eşliğinde sunulan görsellerin 3 adet değerlendirme ölçeğine (hoşluk, rahatsız edicilik, etkileyicilik) göre değerlendirilmesi istenmiştir. Tüm deney düzeneği Marmara Üniversitesi Sporda Sinirbilim Laboratuvarında oluşturulmuş olup, çalışma için gerekli etik kurul belgeleri alınmıştır.

B. Filtreleme Yöntemleri

Alınan EEG sinyalinden gürültüyü temizleme ve istenilen frekans aralıklarını değerlendirebilmek için çeşitli filtreleme teknikleri uygulanabilmektedir. Çalışma kapsamında, ilk önce EEG verisine şebeke gürültüsünün temizlenmesi için 50 Hz'lik çentik filtre kullanılmıştır. Devamında, Butterworth filtresi uygulanarak EEG alt frekans bandı olan gama bandının (>30 Hz) değerlendirilmesi sağlanmıştır.

C. EEG – Gama Frekans Bandı

EEG alt frekans bantlarının en yüksek frekans aralığına karşılık gelmekte olan Gama dalgaları, beyinin üst düzey bilişsel işlem görevleri ile alakalı olmaktadır. Gama bandı aktivitesi algının yüksek olduğu durumlarda, dikkat anında, hafıza gerektiren durumlarda, bilinçsizlik anında, sinaptik plastisite durumunda ve motor kontrolün devreye girdiği durumlarda gözlemlenmektedir. Aşırı mutluluk anında dalgalanmanın en yüksek olduğu gibi zihinsel sorunları sebebiyle ya da günlük yaşantısında öğrenme güçlüğü problemi olan bireylerde gama bandında görülen aktivitenin normal bireylere göre çok daha az olduğu gözlemlenmektedir [11].

Literatürde de sıkça yer almakta ve incelenmekte olan delta, teta, alfa ve beta bantları daha önceki çalışmalarımızca da incelenmiş olup ilgili çalışma kapsamında gama bandının duygu durumu üzerindeki etkisi ve bağlantısallığı sınıflandırma yöntemlerine uygun girdi verisi olacak şekilde oluşturulmuştur.

D. Sinyal İşleme Yöntemi

Elde edilen EEG verilerine GYS uygulanmış ve çeşitli uyaranlar ile ilgili olarak ortalama güç miktarları tespit edilmiştir. Her bir görsel, her bir kanal ve her bir birey için üç ayrı başlıkta incelenen veriseti sınıflandırma için gerekli öznitelikleri oluşturmuştur. Oluşturulan veriseti;

$$13 \text{ kişi} * 16 \text{ kanal} * 3 \text{ tür} * 48 \text{ görsel uyaran}$$

şeklinde oluşturularak sınıflandırma işlemine hazır hale getirilmiştir.

E. Sınıflandırma Yöntemleri

Çalışma kapsamında oluşturulan EEG verisetine uygulanmak üzere 9 adet sınıflandırıcı kullanılmıştır. Bunlar;

- Çok Katmanlı Perceptron Ağı (*ing.* Multilayer Perceptron - MLP): Giriş katmanı, ara katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Yapay sinir ağlarında (YSA) girdi katmanında ara katmandaki ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra birleştirilir ve net girdiye ulaşılır. Net girdi, ara katmanda işleme girdikten sonra YSA'nın net çıktısına ulaşılmaktadır [12].
- En Yakın Komşu Algoritması (*ing.* K-nearest Neighbor – K-NN): Girdi verisine en yakın olan k adet veriyle uzaklık ortalaması ve belirlenen en yakın adet uzaklık fonksiyonu dikkate alınarak girdi verisinin ilgili sınıflara atamaları yapılır [13].

- Rastgele Orman Karar Ağaçları (*ing.* Random Forest - RF):

Birden fazla tekli karar ağaçlarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır ve her bir ağaç sonuçta bir çıktı vermektedir. Çıktı katmanındaki durum analiz edildiğinde en yüksek sayıdaki çıktı, tahmin edilen çıktı olarak kabul edilir [14].

- REPTree Algoritması:

Regresyon ağacının temel prensibine dayanır ve birden farklı ağacı yinelemeler ile oluşturmaktadır. Devamında oluşturulan karar ağaçlarından en etkilisini seçer ve hatayı entropiye bağlı olarak minimize etmektedir [15].

- Hoeffding Karar Ağacı:

Büyük verisetleri için etkin sonuçlar veren bir karar ağacı sınıflandırma yöntemi olup, veriyi bir kere değerlendirip kendi grubunun özelliğine göre değerlendirmektedir. İstatistiksel olarak karar ağacı düğümlerinin parçalanması ve test edilmesini efektif bir biçimde sağlamaktadır [16].

- Bagging Algoritması:

Kümeleme yöntemine dayanmaktadır ve her tahminde aynı kümeyi kullanarak girdi verisini eğitim setinin farklı rastgele alt kümelere dağıtarak eğitmektedir. Oluşturulan n adet örnekli küme eğitim seti devamlı olarak rastgele üretilmektedir [17].

- K-Star Algoritması:

Çeşitli benzerlik fonksiyonlarıyla belirlenebilen örnek veri temeline dayanan bir sınıflandırma yöntemidir. Eğitim verisi grubu ile girdi verisi değerlendirilir, devamında aynı içeriğe sahip veriler ile test edilen verilerin sınıflandırması yapılır. Çeşitli fonksiyonları kullanması sebebiyle diğer örnek tabanlı değerlendirme yapan sınıflandırıcılar ile farklılık göstermektedir [18].

- Naïve Bayes (NB):

Girdi verisi üzerinden kabuller yapan ve istatistiksel olarak inceleyen sınıflandırma yöntemidir. Verisetini oluşturan niteliklerin bağımsızlığının kabulü istatistiksel olarak olasılık hesaplarını kolaylaştırmaktadır. Kabulü yapılan tüm niteliklerin önemi aynı dereceye sahiptir. NB ile ağırlıklandırma yapılır ve verilerin numerik ve nominal veriler olması önem arz etmemekte ve kolayca sınıflandırması yapılabilmektedir [19].

- Rastgele Alt Uzay Sınıflandırıcısı (*ing.* Random SubSpace):

Veri setindeki her veriyi aynı eğitim seti ile eğitmeden girdi verisinin özelliklerini bilinçli olarak ayrı tutup yeni verisetleri oluşturarak veriyi rastgele olarak eğitip sınıflandırmaktadır [20].

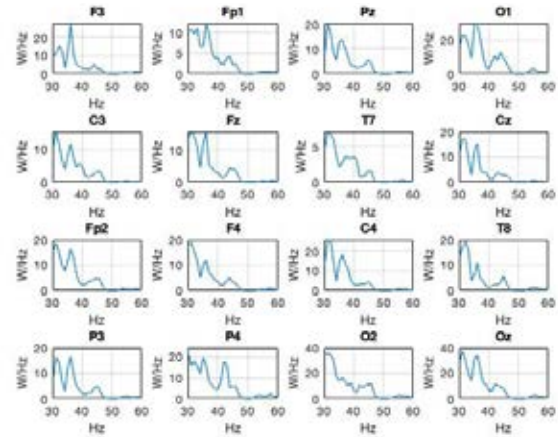
Her bir sınıflandırıcının değerlendirilmesi Denklem 1'deki doğruluk (*ing.* accuracy) değeri ile yapılmıştır. Burada; doğru pozitif (TP), doğru negatif (TN), yanlış pozitif (FP) ve yanlış negatif (FN) olarak belirtilmektedir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

III. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

İlk olarak, tüm EEG kanalları için GYS'ler ayrı ayrı her görsel türü ve ilgili türde incelenen 16 kanal ile tek tek grafiksel olarak çizdirilmiş olup öznelikler oluşturulmuştur. Devamında, ortalama GYS değerleri, alt frekans bandı ve görsel türüne bağlı olarak ortalama güçleri hesaplanmış ve normalize edilmiştir. Böylelikle periyodogramlardan elde edilen özneliklerin sayısı ve karmaşıklığı indirgenmiş olup grafik altında kalan alan ve güç hesaplarında (mV^2) kıyaslama yapılmasına uygun bir altyapı oluşturulmuştur. Negatif görsellere ait tüm EEG frekans bantlarını içeren bir grafiksel analiz Şekil 2'deki gibidir.

Şekil 2: GYS'leri çizdirilen negatif görsellerin gama bant aralığında ifadesi.



Tablo 1. EEG veriseti sınıflandırma sonuçları

		Sınıflandırıcılar								
		MLP	K-nn	RF	REPTree	Hoeffding Tree	Bagging	k-star	NB	Random SubSpace
Görsel Uyarın Türleri	Negatif - Pozitif	71.9	70.9	62.5	66.7	59.3	59.3	71.9	59.2	66.7
	Nötr - Negatif	87.5	95.9	96.8	66.7	69.4	75	66.9	75	80.2
	Nötr - Pozitif	87.5	91.7	95.9	70.9	55.2	87.5	70	69.1	66.7



Sınıflandırma işleminde tüm öznitelikler sınıflandırıcıya sokulmuş olup görsel uyarın türlerinin birbirleri aralarındaki etkileşim göz önünde bulundurulmuştur. 3 temel uyarın türünde oluşturulmuş verilerin ikili kombinasyonlarının değerlendirilmesindeki sınıflandırma başarısının yüzdelik değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Negatif ve pozitif görseller aralarındaki ilişki kıyaslandığında; en yüksek doğruluk değerini çok katmanlı perceptron ağı ve k-star algoritması %71.9 değeri ile aynı sonucu vermiştir.

Nötr ve negatif uyarınlar incelendiğinde, diğer tüm ikili kombinasyonlar içerisinde de en yüksek doğruluk değerini veren rastgele ormanlar algoritması %96.8 oranıyla olmuştur.

Nötr ve pozitif uyarınların aralarındaki ilişki incelendiğinde, bir önceki sınıflandırıcı gibi rastgele ormanlar algoritması %95.9 oranıyla en yüksek başarıma sahip olmuştur.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

İlgili çalışma kapsamında, sağlıklı bireylerden görsel uyarın gösterilerek toplanan EEG verisine bant geçiren filtre uygulanmış ve EEG alt frekans bandı olan gama bandı incelenebilir hale getirilmiştir. Devamında elde edilen alt frekans bandına GYS kestirimi uygulanmış ve elde edilen özniteliklere 9 adet sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Veri içeriğinde temel hedef; gama bandındaki aktivasyonun uygulanan üç görsel uyarın türlerinin birbirleri üzerindeki etkileşiminin tespitinin yapılması olmuş olup sınıflandırıcılarla tespiti sağlanmıştır.

Elde edilen doğruluk yüzdeleri incelendiğinde; daha önceki çalışmalarımızda da incelendiği gibi nötr görsel uyarınların diğer iki temel uyarın grubuyla bireyler üzerindeki etkileşimi sadece pozitif-negatif kombinasyonlarından fark edilebilir bir miktarda daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Sınıflandırıcılar kendi içlerinde gama frekans bandı için değerlendirildiğinde istenen ayırımı yapılabilmesi ve daha hızlı çözümler getirebilmesi için, üç grubun ikisinde de diğer sınıflandırıcı değerleri içerisinde en yüksek olan rastgele karar ağaçları sınıflandırıcısı kullanılmasının daha uygun olacağı gözlemlenmektedir.

TEŞEKKÜR

İlgili çalışmada veri toplama süreci boyunca desteklerini esirgemeyen Marmara Üniversitesi Sporda Sinirbilim Laboratuvarı çalışanlarına işlerini büyük bir özveriyle yaptıkları için teşekkür ederiz.

- [1] H. Berger, "Über das Elektroencephalogramm des Menschen." *Dtsch. Medizinische Wochenschrift*, vol. 51, no. 60, sayfa 1947-1949, 1934.
- [2] P. J. Lang, M. K. Greenwald, M. M. Bradley, and A. O. Hamm, "Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions," *Psychophysiology*, vol. 30, no. 3, sayfa 261-273, 1993.
- [3] J. Russell, "A Circumplex Model of Affect," *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 39, sayfa 1161-1178, 1980.
- [4] A. Marchewka, Ł. Żurawski, K. Jednoróg, "The N. A. P. S. (NAPS): I. to a novel, standardized, wide-range, high-quality, realistic picture database." *Behavior R. M.* vol. 46, no. 2, sayfa 596-610, 2014.
- [5] N. Kumar, K. Khaund, and S. M. Hazarika, "Bispectral Analysis of EEG for Emotion Recognition," in *Procedia Computer Science*, 2016.
- [6] T. Matlovic, P. Gaspar, R. Moro, J. Simko, and M. Bielikova, "Emotions detection using facial expressions recognition and EEG," in *Proceedings - 11th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization*, 2016.
- [7] A. Q.-X. Ang, Y. Q. Yeong, and W. Wee, "Emotion Classification from EEG Signals Using Time-Frequency-DWT Features and ANN," *J. Comput. Commun.*, 2017.
- [8] A. Zahra, N. Kanwal, N. ur Rehman, S. Ehsan, and K. D. McDonald-Maier, "Seizure detection from EEG signals using Multivariate Empirical Mode Decomposition," *Comput. Biol. Med.*, vol. 88, sayfa 132-141, 2017.
- [9] M. D. Basar, A. D. Duru, S. Ozgor, C. Ozgor, and A. Akan, "Analysis of reduced EEG channels based on emotional stimulus," in *26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, sayfa 1-4, 2018.
- [10] M. M. Bradley and P. J. Lang, "Measuring emotion: The self assessment manikin and the semantic differential," *J. Behav. Ther. Exp. Psychiatry*, vol. 25, no. 1, sayfa 49-59, 1994.
- [11] C. Amo, L. de Santiago, R. Barea, A. López-Dorado, L. Boquete, "Analysis of Gamma-Band Activity from Human EEG Using Empirical Mode Decomposition", *Sensors (Basel)*. 2017.
- [12] M.W Gardner, S.R Dorling, "Artificial neural networks (the multilayer perceptron)—a review of applications in the atmospheric sciences", *Atmospheric Environment*, vol. 32, sayfa 2627-2636, 1998.
- [13] D. Aha, ve D. Kibler, "Instance-based learning algorithms", *Machine Learning*, vol. 6, Issue no. 1, 1991.
- [14] L. Breiman, "Random Forests", *Machine Learning*, vol. 45, Issue no. 1, sayfa 5-32, 2001.
- [15] Y. Zhao, Y. Zhang, "Comparison of Decision Tree Methods for Finding Active Objects", *Advances in Space Research*, 41(12), sayfa 1955-1959, 2008.
- [16] P. Domingos, G. Hulten, "Mining High-speed Data Streams", *Proceedings of the sixth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, sayfa 71-80, 2000.
- [17] L. Breiman, "Bagging predictors". Technical Report, 1996.
- [18] J.G. Cleary, ve L.E. Trigg, "K-nn: An Instance-based Learner Using an Entropic Distance Measure", *Proceedings Twelfth International Conference on Machine Learning*, sayfa 108-114, 1995.
- [19] G.H. John, ve P. Langley, "Estimating Continuous Distributions in Bayesian Classifiers", *Proceedings of Eleventh Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, sayfa 338-345, 1995.
- [20] T.K. Ho, "The Random Subspace Method for Constructing Decision Forests", *Proceedings of IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 20, Issue no. 8, sayfa 832-844, 1998.



TIPTEKNO'19

TIP TEKNOLOJİLERİ KONGRESİ

3-5 Ekim 2019 / Kuşadası
Palm Wings Ephesus Hotel

Biyomedikal Ve Klinik Mühendisliği Derneği



Biyomedikal ve Klinik Müh. Derneği

Babıralı Cad. Ziya Gün Is Hanı No:28 D:12 Cagaloglu - Fatih / Istanbul
www.biyoklinikder.org / e-mail: info@tiptekno13.org

Organizasyon Sekreteryası

B R S

Congress, Incentive and Events

BROS GROUP

Alen Demirel

Esentepe Mah. Sağlam Fikir Sok. Esen Palas Apt. A Blok No:2 D:9 Esentepe / Şişli / İstanbul

Tel : +90 (212) 296 66 70 / Fax: +90 (212) 296 66 71

E-mail: alen.demirel@brosgroup.net

www.tiptekno2019.org