

Otizm Spektrum Bozukluğu Olan Çocuklarda Subklinik Elektroensefalografik Anormalliklerin Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ve Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Tespiti

Mustafa Yasir Özdemir¹, Alparslan Önder^{*2}, Muhammet İkbâl Karadeli⁴, Aynur Müdüroğlu Kırmızıbekmez³, İhsan Kara²

¹ Biyomedikal Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir

² Sankara Beyin ve Biyoteknoloji Araştırma Merkezi, İstanbul

³ Sağlık Bilimleri Fakültesi, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, İstanbul

⁴ Mirket Security, Londra

GİRİŞ

Otizm Spektrum Bozukluğu (OSB) olan çocukların uyku EEG kayıtlarında görülebilen Subklinik Elektroensefalografik Anomali (SEA) kavramı, epileptik anomalileri (diken dalgalar, polispik kompleksleri, keskin dalgalar ve diken-dalga kompleksleri) ve non-epileptik anomalileri (asimetri, yavaşlama ve biyoelektriksel immatürite) kapsamaktadır. SEA'ların, normal gelişen nörofizyolojiyi etkileyerek; nöroplastisite, hafıza ve dil gelişiminin üzerinde negatif etkilere sebep olduğu düşünülmektedir [1].

Bu çalışmada zaman-frekans düzleminde belirli frekans bantlarındaki olayları tespit etmeye yardımcı olan yerel frekans analizini mümkün kılan bir öznitelik çıkarım yöntemi olan Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) ve evrişimli sinir ağlarını (CNN) kullanarak SEA'ların hızlı, hassas ve yüksek doğrulukta tespiti amaçlanmıştır.

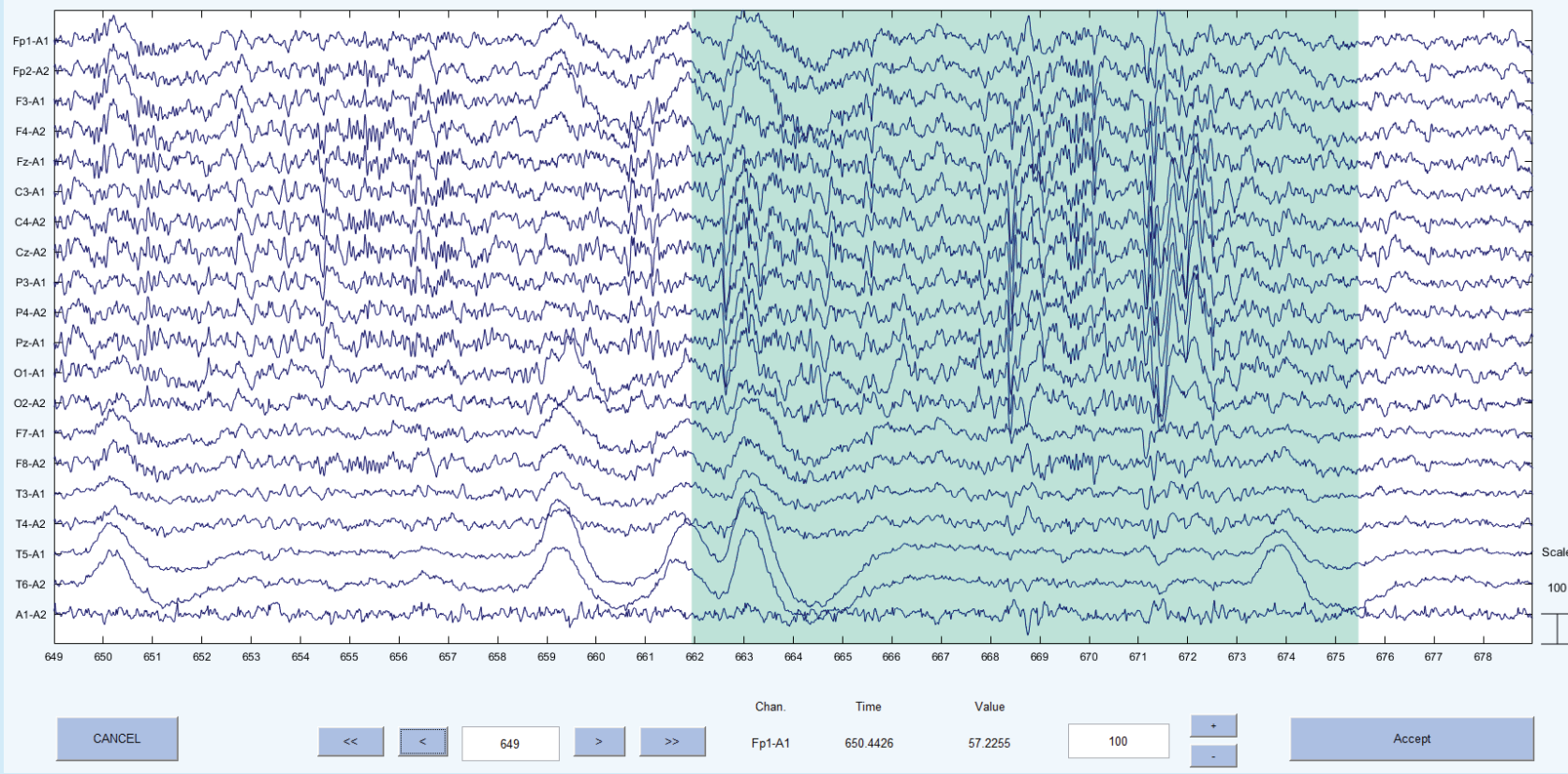
YÖNTEM

Sunulan çalışmada bir pediatrik epilepsi kliniğinden alınan, 20 çocuğa ait (7 erkek, 13 kız; 6,63 ± 2,41 yaş) retrospektif, 10-20 sistemi ile kaydedilmiş 19 kanallı uyku EEG'si kayıtları kullanılmıştır. En az 45 dakika süreyle alınan NREM kaydında gerçekleşen SEA'ların zaman aralıkları bir uzman hekim tarafından işaretlenmiş ve öznitelik çıkarımında kullanılmak için kaydedilmiştir. Bu işlem için EEGLAB [2] isimli MATLAB uzantısından tarafımızca uyarlanan ve Figür 1'de gösterilen uygulama kullanılmıştır.

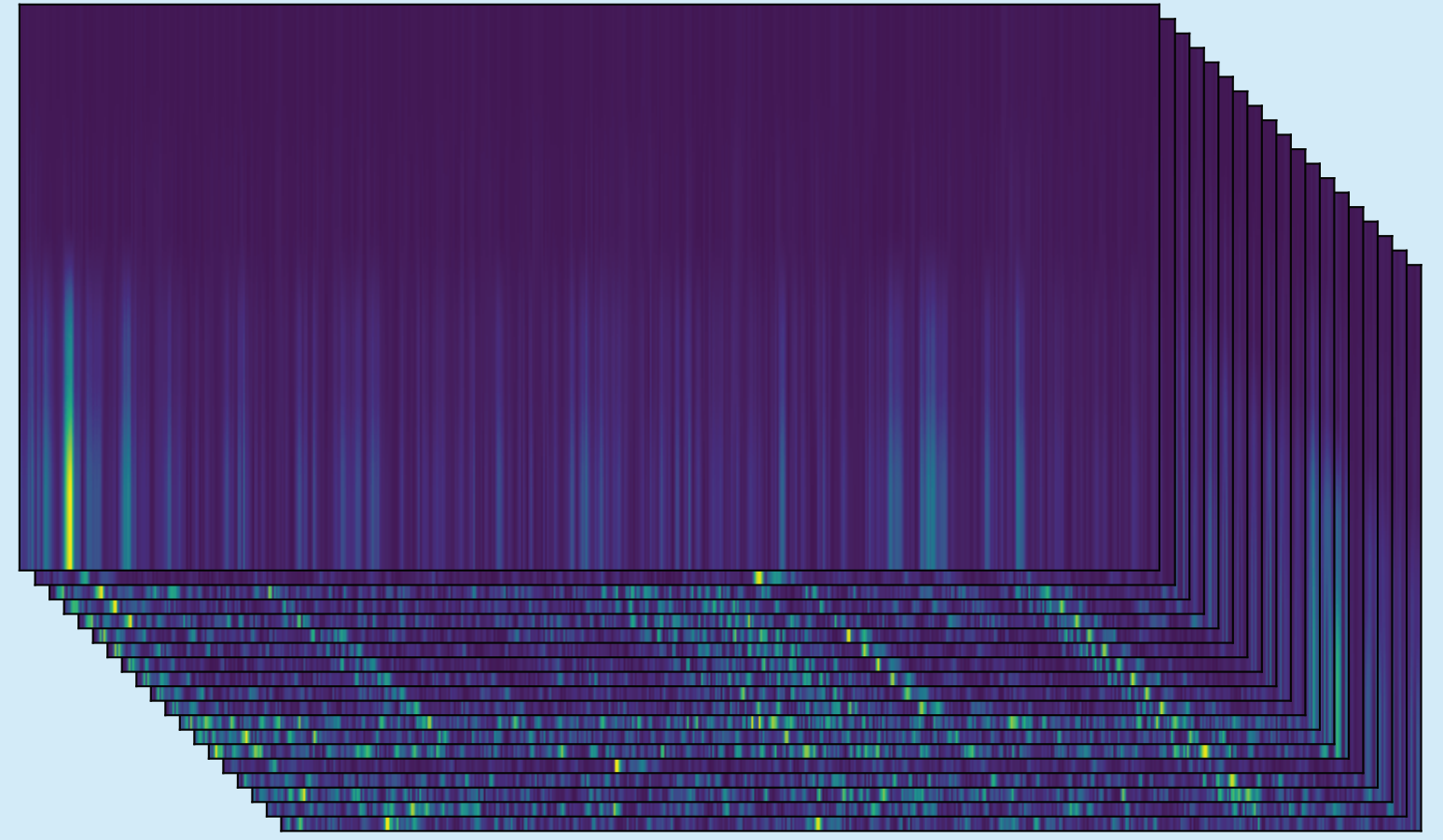


Öznitelik çıkarımı ve makine öğrenmesi süreçlerinde Python programlama dili kullanılmıştır. EEG sinyallerine herhangi bir ön işleme uygulanmamış olup, her bir kayıt %50 örtüşme oranıyla 30'ar saniyelik kesitlere ayrılmıştır. Bu kesitlerdeki 19 kanalın her birine KZFD uygulanmıştır. Bu işlem, MNE hütüphanesinin [3] 'STFT' fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kanala ait iki boyutlu KZFD sonuçları, kanal bilgileriyle birleştirilerek her kesit için üç boyutlu bir öznitelik matrisi oluşturulmuştur. Bu matrise ait örnek bir spektrogram Figür 2'de gösterilmektedir. Bu esnada SEA içeren kesitler anormal, diğer kesitler ise normal olarak etiketlenmiştir. Toplamda 20 farklı kayda ait tüm kesitler birleştirilerek CNN modelinin eğitimi için tek bir veri seti oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan CNN modeli için TensorFlow [4] kütüphanesi kullanılmış ve modelin mimarisi Figür 3'te detaylı olarak gösterilmiştir. Model, üç boyutlu öznitelik matrisi kullanılarak eğitilmiştir. İlk konvolüsyonel katman, 3x3 boyutunda 32 filtre içermekte olup, ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Bu katmanı, 2x2 boyutunda bir maksimum havuzlama katmanı izlemiştir. Ardından, 64 filtrelili ve yine 3x3 boyutunda olan ikinci bir konvolüsyonel katman gelmiş ve bu katmanda da ReLU fonksiyonu kullanılmıştır. Bu katmandan sonra bir başka 2x2 boyutundaki maksimum havuzlama katmanı uygulanmıştır. Sonrasında düzleştirme katmanı gelmiş ve bunu, ReLU fonksiyonu ile çalışan tam bağlantılı katmanlar ve %50'lik düğüm seyreltme katmanı takip etmiştir. Son olarak, Softmax fonksiyonuyla çalışan çıktı katmanı, kesiti 'normal' veya 'anormal' olarak sınıflandırmıştır.



Figür 1: SEA işaretleme uygulamasına ait ekran görüntüsü.



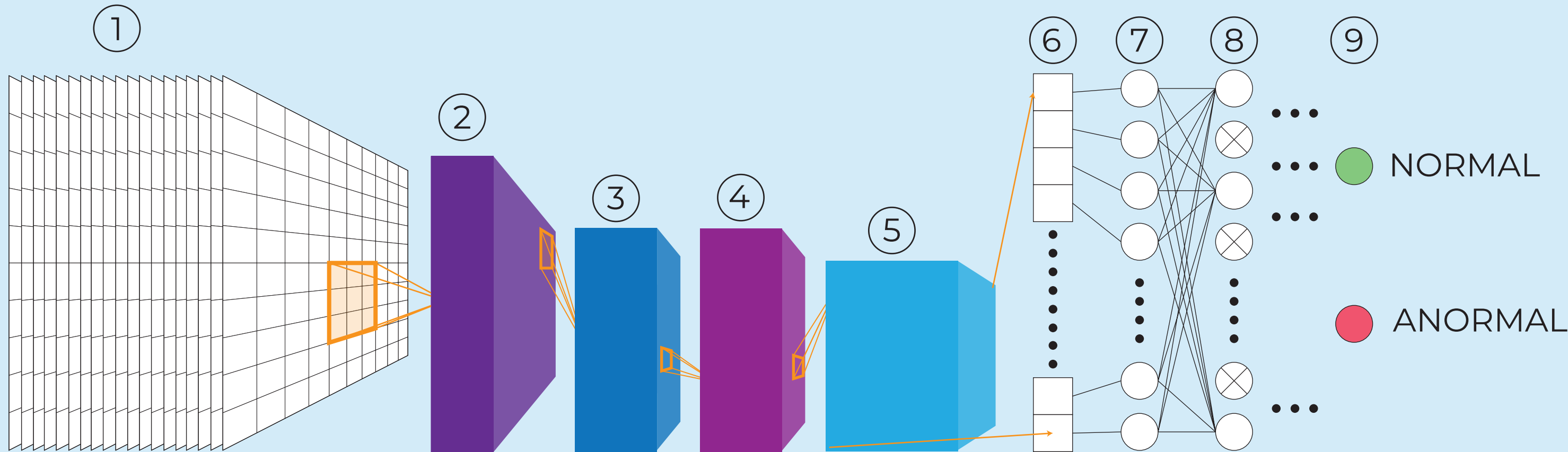
Figür 2: 3 Boyutlu, kanal bazlı, kesit KZFD güç spektrumu.

SONUÇ

KZFD ile öznitelik çıkarımı için farklı parametreler ve CNN mimarisi için çeşitli kombinasyonlar denendiğinde, yöntemin 20 farklı çocuğa ait kayıtların, bazıları SEA'lar içeren 30'ar saniyelik kesitleri "normal" ya da "anormal" olarak sınıflandırmada %81,27 doğruluk, %80,89 duyarlılık ve %83,33 özgüllük oranlarına ulaştığı görülmüştür.

Bu çalışma, OSB'li çocuklara dair bir elektrofizyolojik biyobelirteç olma potansiyeli taşıyan, NREM fazında oluşan SEA'ların, KZFD yöntemi ile çıkarılan öznitelikler ve CNN modelleri yardımıyla uzun uyku kayıtları içerisinde yüksek doğrulukla tespit edilebileceğini kanıtlamaktadır.

OSB'nin karmaşık yapısı ve SEA'lar hakkındaki kısıtlı çalışma sayısı nedeniyle, bu konu gelecekteki araştırmalarda disiplinler arası iş birliği ile daha derinlemesine incelenmeli ve farklı öznitelik çıkarımı ve makine öğrenmesi yöntemleriyle genişletilmelidir.



Figür 3: Kullanılan CNN mimarisini gösterir şema. 1 numara öznitelik matrisini, 2 numara ilk konvolüsyonel katmanı, 3 numara ilk havuzlama katmanını, 4 numara ikinci konvolüsyonel katmanı, 5 numara ikinci havuzlama katmanını, 6 numara düzleştirilmiş katmanı, 7 numara tam bağlantı katmanlarını, 8 numara %50 düğüm seyreltme katmanını ve 9 numara da çıktı katmanını göstermektedir.

Kaynakça

- 1) Precenzano, F., Parisi, L., Lanzara, V., Vetri, L., Operto, F. F., Pastorino, G. M. G., ... & Marotta, R. (2020). Electroencephalographic abnormalities in autism spectrum disorder: characteristics and therapeutic implications. *Medicina*, 56(9), 419.
- 2) Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of neuroscience methods*, 134(1), 9-21.
- 3) Gramfort, A., Luessi, M., Larson, E., Engemann, D. A., Strohmeier, D., Brodbeck, C., ... & Hämäläinen, M. (2013). MEG and EEG data analysis with MNE-Python. *Frontiers in Neuroinformatics*, 7, 267.
- 4) Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., Chen, Z., Citro, C., ... & Zheng, X. (2016). Tensorflow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems. *arXiv preprint arXiv:1603.04467*.

* İletişim: alparslanonder@outlook.com | www.linkedin.com/alparslanonder | <https://github.com/alparslanonder>



SANKARA

**İSTANBUL
NİŞANTAŞI
UNIVERSITY**