

Teknik Rapor: MRI Tabanlı Çok Sınıflı CNN Modeli

1 Model Özeti

Bu çalışma kapsamında, beyin MRI görüntülerinden dört farklı sınıfı ayırt edebilen bir Convolutional Neural Network (CNN) modeli geliştirilmiştir. Modelin eğitimi aşağıdaki stratejilerle optimize edilmiştir:

- **Veri ön işleme:** Normalize edilmiş, boyutlandırılmış ve augmentasyon uygulanmış MRI görüntüleri
- **Model mimarisi:** Derin CNN yapısı, BatchNormalization ve Dropout katmanları ile overfitting önlenmiştir
- **Kayıp fonksiyonu:** Focal Loss kullanılarak az örnekli sınıflarda öğrenme güçlendirilmiştir
- **Class weight:** Veri dengesizliğini telafi etmek için sınıf ağırlıkları uygulanmıştır
- **Augmentasyon:** Dönme, zoom, parlaklık değişimi gibi tekniklerle veri çeşitliliği artırılmıştır

Model, 50 epoch hedefiyle eğitilmiş ancak validation loss artışı gözlemlendiği noktada erken durdurma uygulanmıştır. Eğitim süresi boyunca GPU kullanılmamıştır.

2 Performans Metrikleri

Modelin doğruluk ve kayıp değerleri aşağıdaki gibidir:

- **Eğitim doğruluğu:** %93.88
- **Validation doğruluğu:** %91.23
- **Validation kaybı:** 0.27 civarında sabitlenmiştir

Sınıf Bazlı Metrikler

Sınıf Açıklama (varsayımsal) Precision Recall F1-Score Support

0	Normal	0.8928	0.9202	0.9063	1792
1	MCI	0.9825	0.9985	0.9904	1293
2	Alzheimer	0.8862	0.9083	0.8971	1920
3	İleri evre Alzheimer	0.8867	0.8253	0.8549	1792

Genel doğruluk: **%90.67**

En yüksek başarı: **Sınıf 1 (MCI)**

En düşük recall: **Sınıf 3 (İleri evre Alzheimer)**

3 Açıklanabilirlik Analizi (Grad-CAM)

Modelin karar mekanizması Grad-CAM ile görselleştirilmiştir. Her sınıf için örnek görüntülerde modelin odaklandığı bölgeler analiz edilmiştir:

- **Sınıf 0 (Normal):** Aktivasyonlar yaygın ve simetrik → normal yapıyı tanıma başarılı
- **Sınıf 1 (MCI):** Merkezde yoğun aktivasyon → hippocampus gibi kritik bölgelerle uyumlu
- **Sınıf 2 (Alzheimer):** Temporal lob odaklı aktivasyon → klinik olarak anlamlı
- **Sınıf 3 (İleri evre):** Aktivasyonlar daha dağınık, odak netliği düşük → recall düşüklüğü ile uyumlu

Bu görselleştirmeler, modelin kararlarını açıklamak ve klinik uzmanlara güven vermek açısından kritik rol oynamaktadır.

4 Klinik Uygunluk ve Riskler


Modelin yüksek doğruluğu ve açıklanabilirliği, klinik karar destek sistemlerinde kullanılabilirliğini artırmaktadır. Ancak:

- **Sınıf 3 için düşük recall** → ileri evre hastaların yanlış sınıflanma riski
- **Modelin karar verdiği bölgelerin klinik anlamlılığı** → Grad-CAM ile izlenebilir
- **Veri dengesizliği ve sınıf ayrımı zorlukları** → focal loss ve class weight ile azaltılmıştır

Modelin çıktıları, klinik uzmanlar tarafından yorumlanabilir hale getirilmiştir.

5 Sonuç ve Öneriler

Bu CNN modeli, beyin MRI görüntülerinden dört sınıfı ayırt etmede yüksek başarı göstermiştir. Özellikle MCI sınıfında neredeyse mükemmel sonuçlar elde edilmiştir. Açıklanabilirlik araçları sayesinde modelin karar mekanizması izlenebilir hale gelmiştir.

 Öneriler:

- Sınıf 3 için veri artırımı ve augmentasyon stratejileri yeniden gözden geçirilmeli
- Grad-CAM çıktıları sınıf 3 için daha net hale getirilmeli
- Klinik uzmanlarla birlikte model çıktıları yorumlanarak karar destek sistemine entegre edilmeli

İstersen bu raporu markdown formatında dışa aktarmak için bir belge yapısını da oluşturabilirim. Görselleri ve kodları da ekleyerek tam bir teknik sunum haline getirebiliriz. Devam edelim mi?

