

Karmaşık ve doğrusal olmayan dinamikler ile yeni nesil fotonik sinir ağları

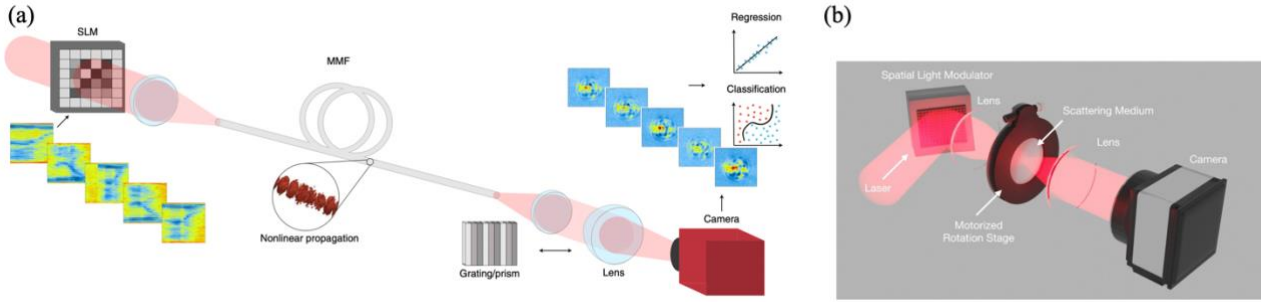
Uğur Teğın*¹

¹ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Koç Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

E-posta: utegin@ku.edu.tr

Yapay sinir ağları, verilerden öğrenme ve karmaşık görevleri etkileyici bir doğrulukla gerçekleştirme yetenekleri nedeniyle son yıllarda önemli bir popülerlik kazanmıştır. Makine öğreniminin uygulamaları, otonom sürüş, sağlık hizmetleri teşhisi ve finans dahil olmak üzere çeşitli sektörlerde yayılmış ve gerçek yaşam senaryolarında dikkate değer başarılar göstermiştir [1]. Ancak, makine öğrenimi modellerinin artan karmaşıklığı, eğitim ve çıkarım aşamalarında hesaplama ve çevresel zorluklar ortaya çıkarmaktadır [2]. Turing-von Neumann mimarisine dayanan geleneksel dijital bilgi işlem platformlarının, bellek erişim darboğazları nedeniyle büyük, veri açısından aç modelleri işlemek için yetersiz olduğu kanıtlanmıştır ve alternatif donanım çözümlerine acil ihtiyaç vardır.

Özellikle sinir ağları, gürültüye ve cihaz kusurlarına karşı sağlamlık sergiler ve bu da onları analog bilgi işlem çözümleri için ideal adaylar haline getirir. Analog bilgi işlemin bir dalı olan optik bilgi işlem, Fourier dönüşümü, evrişim ve matris çarpımı gibi önemli işlemlerin içsel uygulamasını sağlayarak makine öğrenimi çabalarını hızlandırmak için umut verici bir aday olarak öne çıkmaktadır [3]. Bu alandaki ilk çabalar, optik bağlantıları kontrol etme/eğitme ve doğrusal olmayan bağlantıları uygulama konusunda zorluklarla karşılaşmıştır [4]. Ancak, nöromorfik bilgi işlem yöntemlerindeki son gelişmeler, eğitim sorununun aşılmasına izin vererek bu sorunların bir kısmını aşmayı sağlamıştır.



Şekil 1: Yeni nesil fotonik sinir ağlarının örnekleri. (a) Ölçeklenebilir ve doğrusal olmayan optik sinir ağı düzenine şeması. (b) Programlanabilir karmaşık saçılım temelli optik sinir ağı düzenine şeması.

Bu konuşmada çok modlu optik fiberler ve optik difüzörler ile oluşturduğumuz yeni nesil fotonik sinir ağlarını ve elde ettiğimiz performansları paylaşacağız. Çok modlu optik fiberlerin modları arasında yaşanan doğrusal olmayan bağlantılar ile ölçeklenebilir bir mimari ortaya konmuştur ve makine öğrenmesi uygulamalarında yüksek performanslar elde edilmiştir [5]. Ek olarak milyonlarca tam bağlı fotonik düğümden oluşan düzensiz bir ortam kullanarak ve bu ortamın sağladığı rastgele matris çarpımını optimize ederek doğrusal ama yüksek performanslı bir fotonik sinir ağı oluşturulmuştur [6]. Evrimsel bir arama algoritması (genetik algoritma) kullanarak ve optimum rastgele projeksiyon çekirdeklerini bulmak için arama alanının yalnızca %1'ini deneyerek çeşitli veri kümeleri için makine öğrenmesi doğruluğu önemli ölçüde (%7-%22 arasında) artırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotonik sinir ağları, doğrusal olmayan fiber optik, karmaşık optik saçılım, yapay zeka

Referanslar / References

- [1] Esteva, Andre, et al. "A guide to deep learning in healthcare." *Nature medicine* 25.1 (2019): 24-29.
- [2] Strubell, Emma, et al. "Energy and policy considerations for modern deep learning research." *Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence*. Vol. 34. No. 09. 2020.
- [3] Abu-Mostafa, Yaser S., and Demetri Psaltis. "Optical neural computers." *Scientific American* 256.3 (1987): 88-95.
- [4] Wetzstein, Gordon, et al. "Inference in artificial intelligence with deep optics and photonics." *Nature* 588.7836 (2020): 39-47.
- [5] Teğın, Uğur, et al. "Scalable optical learning operator." *Nature Computational Science* 1.8 (2021): 542-549.
- [6] Çarpınlioğlu, Bora, et al. "Genetically programmable optical random neural networks." *arXiv preprint arXiv:2403.12490* (2024).