

## Beyin Haritalama: Görüntülerden Ağlara

Doç. Dr. Burak Acar

Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Böl., VAVlab, Bebek, İstanbul

[acarbu@boun.edu.tr](mailto:acarbu@boun.edu.tr) / [www.vavlab.ee.boun.edu.tr](http://www.vavlab.ee.boun.edu.tr)

Fizyolojik boyutun yanısıra psikolojik boyutu da olan yegane organ olarak beyin, hakkında yapılan onca araştırmaya karşın hala barındırdığı gizleriyle özel bir yere sahiptir. Beynin yapı taşları ve temel çalışma prensipleri bilinmekle birlikte, bir sistem olarak fizyolojik ve psikolojik yansımaları olan işlevlerini nasıl yerine getirdiği büyük oranda bilinmemektedir. Beyni bir sistem olarak çözme girişimi olarak tanımlanabilecek Beyin Haritalama çalışmalarında tıbbi görüntüleme teknolojilerinin kullanımı gelişen teknolojilere koşut olarak artmıştır.

Bu çalışmalarda varsayılan temel model beyin, birbirleri ile iletişim halinde olan ve/ya koordineli çalışan bölgelerden oluşan bir ağ olduğudur. Ağlar düğümlerden ve düğümler arası bağlardan oluşan soyut yapılardır. Bağlara bir yön atanması düğümler arası bir nedensellik ilişkisine karşılık gelirken, yönsüz bağlar, ilgili düğümler arası simetrik bir ilişkiyi ifade eder. Bağlara, ilişki seviyesini nicelleyen değerler atanmışsa, ağ ağırlıklandırılmış olur.

Beyin için yapısal (sNET) ve işlevsel (fNET) ağ modelleri oluşturulabilir. sNET, ağ düğümleri arası anatomik bağlantıları, fNET ise ağ düğüm çiftlerinin çalışmaları arası korelasyonu modeller. sNET modelleme difüzyon MR görüntüleme (dMRG) verilerine, fNET modelleme fonksiyonel MR görüntüleme (fMRG) verilerine dayanılarak yapılır.

fNET modelleme öncesi 4 boyutlu fMRG verisinde hareket etkilerinin giderilmesi, gürültünün ve istenmeyen bileşenlerin filtrelenmesi için fMRG verileri önışlemeden geçirilir. Bu amaçla *Slice Timing, Realignment, Censoring, Regression, HPF, Spatial Smoothing* işlemleri farklı gruplarca farklı kombinasyon ve sıralarda kullanılmaktadır (*Power et al., Neuroimage, 105, 536-551, 2014; Jo et al., Neuroimage, 52, 571-582, 2010; Muschelli et al., Neuroimage, 96, 22-35, 2014*) Uygulanan işlem kombinasyonu da sırası da sonuçları etkiler. Ağ düğümlerinin belirlenmesinde ise iki temel yaklaşım vardır: Modlar ve Parseller. PCA, ICA, NNMF, Bayes başlıca mod tabanlı yaklaşımlardır (*Harrison et al., Neuroimage, 109C, 217-231, 2015*). Mod tabanlı yaklaşımda korelasyon analizi önceden vokseller arası yapılır, düğümler bu sonuçlara göre belirlenir. Parsel tabanlı yaklaşımlar ise anatomik bir görüntünün (ör. T1) bir atlası göre bölütlenmesi ile elde edilirler. İşlevsellik açısından sınırları yanlış belirlenmiş düğümlerin fNET analizine olumsuz etkileri raporlanmıştır ve parsel tabanlı yaklaşımların dikkatli kullanılması gerekir (*Smith et al., Neuroimage, 54, 875-891, 2011*). Düğümler arası ilişkiyi nicelleyen korelasyon analizinde ise sıklıkla kullanılan *Full Correlation*'ın yanısıra, çok sayıda ki alternatif arasında *Partial Correlation, ICOV* ve *BayesNet* öne çıkmaktadır (*Smith et al., Neuroimage, 54, 875-891, 2011*).

sNET modelleme öncesinde ise çok boyutlu (>100) dMRG verisinden difüzyon modellerinin çıkarılması ve koşulacak traktografi ile sinir yolak demetlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Seçilecek difüzyon modelinin (tek/çok-bileşenli), kullanılacak traktografi algoritmasının (deterministik/olasılıksal, genel/yerel), tanımlanacak yapısal bağ ilişkisinin (yolak yoğunluğu, yolak sayısı, bağlılık olasılığı, vb.) oluşturulacak sNET'e doğrudan etkisi bulunmaktadır (*Bastiani et al., Neuroimage, 62, 1732-1749, 2012; Yoldemir et al., IEEE TMI, 31-10, 1929-1940, 2012; Smith et al., Neuroimage, 104, 253-265, 2015*).

dMRG/fMRG beynin yapısını/işlevini dolaylı yoldan görüntüleyen yöntemlerdir. dMRG/fMRG görüntülerinden sNET/fNET ağlarını oluşturmak için uygulanan yöntemlerin araştırmanın amacına uygun seçilmesi, uygulanan metodolojinin detaylı olarak paylaşılması ve sonuçların kritik bir gözle değerlendirilmesi beyin haritalama çalışmalarında titizlikle uyulması gereken prensiplerdir. Bu sayede farklı çalışmaların sağlıklı karşılaştırması yapılarak genel sonuçlara varılması mümkün olabilir.

Boğaziçi Üniversitesi tarafından, İstanbul ve Koç Üniversiteleri ile Alman Kanser Araştırma Enstitüsü (DKFZ) işbirliğinde yürütülen B-AĞ (BRAINet) projesi, bu prensipleri izleyerek, özgün nicel bağ değerleri önermeyi, bütünleşik sNET-fNET modelleme metodolojisi geliştirmeyi ve bu yöntemleri klinik kullanılabilir bir yazılım platformunda (*BRAinTERACT*) toplayarak Alzheimer hastalığının modellenmesine uygulamayı hedeflemektedir.

Bu çalışma TÜBİTAK-ARDEB 1003 Programı (Proje # 114E053) tarafından desteklenmektedir.