



**EEG TABANLI FONKSİYONEL BEYİN  
AĞLARININ ARİTMETİK BAŞARI VE CİNSİYET  
AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Sait DEMİR**

**2021  
DOKTORA TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İlker TÜRKER**

**EEG TABANLI FONKSİYONEL BEYİN AĞLARININ ARİTMETİK  
BAŞARI VE CİNSİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Sait DEMİR**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında  
Doktora Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Doç. Dr. İlker TÜRKER**

**KARABÜK  
Nisan 2021**

Sait DEMİR tarafından hazırlanan “EEG TABANLI FONKSİYONEL BEYİN AĞLARININ ARİTMETİK BAŞARI VE CİNSİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Doktora Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlker TÜRKER .....

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 28/04/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Hakan KUTUCU (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. İlker TÜRKER (KBÜ) .....

Üye : Doç. Dr. Ergin YILMAZ (BEÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Yüksel ÇELİK (KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Okan ERKAYMAZ (BEÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Sait DEMİR

## **ÖZET**

**Doktora Tezi**

### **EEG TABANLI FONKSİYONEL BEYİN AĞLARININ ARİTMETİK BAŞARI VE CİNSİYET AÇISINDAN İNCELENMESİ**

**Sait DEMİR**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İlker TÜRKER**

**Nisan 2021, 109 sayfa**

İnsan beyni, yapısal ve fonksiyonel olarak karmaşık bir ağdan oluşmaktadır. Beynin öğrenme, hafıza ve odaklanma gibi mekanizmalarındaki düzensizlikler üzerinden çeşitli beyin hastalıklarının açığa çıkarılması, güncel araştırma alanları içerisinde. Bu araştırmaların önemli bir bölümü, graf teorisi ve kompleks ağ bilimi temelli bir yaklaşım olan fonksiyonel beyin ağları ile yapılmaktadır. İleri görüntüleme ve veri işleme teknikleri yardımı ile elde edilebilen ve “connectome” adı verilen beynin tam çözünürlüklü topolojisinin aksine fonksiyonel beyin ağları, beynin belirli bölgelerindeki sinirsel aktivitelerin istatistiksel uyumu üzerinden, daha düşük çözünürlüklü fakat erişimi daha kolay olan ağ gösterimleri oluşturmakta kullanılmaktadır. Bu çalışmaların veri altyapılarını, EEG, fMRI ve MEG gibi nörolojik görüntüleme yöntemleri oluşturmaktadır.

Bu çalışmada, milisaniye düzeyinde sunduğu yüksek zamansal çözünürlük nedeniyle fonksiyonel beyin ağı çalışmalarında tercih edilen EEG sinyalleri kullanılmıştır. Çalışma içerisinde gönüllü deneklerden dinlenme ve bilişsel görev performansları olmak üzere iki farklı durum altında alınan EEG verileri kullanılmıştır. Deneklere bilişsel görev olarak beyin aktivitesinin yoğun ortaya çıktığı matematiksel çıkarma işlemi serisi verilmiştir. Veri seti cinsiyet, bilişsel aktivitenin varlığı ve bu aktivitedeki başarı durum bilgilerini içermektedir. EEG'nin her bandı sinirbilim araştırmaları için farklı bilgiler sağladığından, analizler teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz) ve gama (30–100 Hz) alt frekans bantlarına ayrılarak yapılmıştır.

Deneklere ait EEG verileri üzerinden, PLV ve COH yöntemleri uygulanarak beyin fonksiyonel ağ gösterimleri elde edilmiştir. Bu gösterimler cinsiyet, bilişsel aktivitenin varlığı (veya dinlenme) ve aritmetik başarı (veya başarısızlık) durumları için ayrı ayrı sunulmuştur. Sinyal aktivitelerinin korelasyonunun göstergesi olan bağlantı ağırlıklarına 0-1 aralığında çeşitli eşikler uygulanarak ağlar gürültü içeren bağlantılardan temizlenmiş, bu versiyonlar üzerinde de çeşitli ağ parametrelerinin, uygulanan eşığe göre değişimi incelenmiştir.

Çalışma sonucunda özellikle aritmetik işlemlerde başarılı bireylerin beyinlerinin dinlenme süresince de bağlantı düzeyinin daha iyi olduğu gözlenmiştir. Dinlenme anında bağlantı düzeyi düşük seviyede olan erkek bireylere ait beyinlerin, bilişsel süreç başladığında bu bağlantı düzeyini önemli oranda artırdığı gözlenmiştir. Kadın bireylerin beyinleri ise dinlenme anında daha bağlantılı durumdadır. İşlevsel beyin ağlarının bağlantı düzeylerinin detaylı olarak incelenip sunulduğu çalışmamızda ayrıca lokal ölçekte hangi bağlantı örüntülerinin bilişsel süreçlerle ilişkili olduğu da irdelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Fonksiyonel beyin ağları, EEG, Graf teorisi, Kompleks ağlar

**Bilim Kodu** : 92410

## **ABSTRACT**

**Ph. D. Thesis**

### **AN INVESTIGATION OF EEG-BASED FUNCTIONAL BRAIN NETWORKS IN TERMS OF ARITHMETIC SUCCESS AND GENDER**

**Sait DEMİR**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Computer Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. İlker TÜRKER**

**April 2021, 109 pages**

Human brain structurally and functionally consists of a complex network. Detecting brain disorders with the aid of anomalies on the mechanisms of a brain such as learning, memory and focus are among the current research areas. A substantial part of these research areas is carried out with graph theory and functional brain networks, which is a complex network science-based approach. Unlike the full resolution topology of the brain called "connectome", which can be obtained with the help of advanced imaging and data processing techniques, functional brain networks are used to create network representations with lower resolution but easier to access through the statistical coherence of neural activity in certain regions of the brain. The data infrastructures of these studies are composed of neurological imaging methods such as EEG, fMRI and MEG.

In this study, EEG signals, which are preferred in functional brain network studies, were used due to their high temporal resolution at the millisecond level. Within the scope of the study, EEG data obtained from volunteer subjects under two different conditions, namely resting and cognitive task performances, were used. As a cognitive task, a series of mathematical subtraction processes where brain activity occurs intensely was given to the subjects. The dataset includes information on gender, presence of cognitive activity, and success in this activity. Since each EEG frequency band provides different information for neuroscience research, the analysis was done by dividing it into sub-frequency bands as theta (4–8 Hz), alpha (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), and gamma (30–100 Hz).

By applying PLV and COH methods over the EEG data of the subjects, functional network representations of the brain were obtained. These representations are given separately for gender, presence of cognitive activity or resting state, and arithmetic success or failure. By applying various thresholds in the range of 0-1 to the link weights, which are indicative of the correlation of signal activities, the networks were cleared of links containing noise. The variation of various network parameters was investigated according to the threshold applied on these cleared versions.

As a result of the study, it was observed that individuals who were successful in arithmetic operations had a better connectivity level in the resting state of their brains. It has been also observed that the brains of male individuals with low level of connectivity at rest significantly increase this level of connectivity when the cognitive process begins. The brains of female individuals are more connected at rest. This study examines the connectivity levels of functional brain networks and present them in detail as well as which connection patterns are related to cognitive processes at the local scale.

**Key Word** : Functional brain networks, EEG, Graph theory, Complex networks.

**Science Code** : 92410



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde, oluşumunda, ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren, akademik olarak pek çok őey öğrendiğim, sabırla en kritik süreçlerde verdiği destek ile başarıya ulaşmamı sağlayan, her zaman özverisini esirgemedен destek olan, sayın hocam Doç. Dr. İlker TÜRKER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez alıőması sürecinde, bilimsel ve akademik anlamda katkı sağlayan tez izleme komitesindeki değerli hocalarım Doç. Dr. Hakan KUTUCU ve Doç. Dr. Ergin YILMAZ'a teşekkür ederim.

Sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен her zaman yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Canım eşim Nefise'ye ve biricik oğlum Ömer Kağan'a bu süreçte gösterdikleri sabır, anlayış, fedakârlık ve her daim bana destek oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xviii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. SİNİRBİLİM VE BİLİŞSEL SİNİRBİLİM .....	1
1.2. TEZ ORGANİZASYONU VE AMACI .....	2
1.3. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRE KATKILARI .....	5
BÖLÜM 2 .....	6
LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
BÖLÜM 3 .....	12
BEYİN .....	12
3.1. BEYİN BÖLGELERİ VE SİNİR SİSTEMİ .....	13
3.2. BEYİN GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ.....	14
3.2.1. Elektroensefalografi (EEG) .....	15
3.2.2. Manyetoensefalografi (MEG).....	17
3.2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI).....	18
3.2.4. Pozitron emisyon tomografi (PET).....	18
3.3. GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİNİN ÇÖZÜNÜRLÜKLERİ .....	18

	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 4 .....	20
GRAF TEORİSİ VE KOMPLEKS AĞLAR .....	20
4.1. MODEL VE GERÇEL AĞLAR .....	22
4.1.1. Model Ağlar .....	22
4.1.2. Gerçel Ağlar .....	23
4.2. KOMPLEKS AĞ PARAMETRELERİ .....	24
BÖLÜM 5 .....	27
BEYİN AĞLARI .....	27
5.1. BEYİN AĞI TÜRLERİ .....	29
5.1.1. Yapısal Beyin Ağları .....	29
5.1.2. Fonksiyonel Beyin Ağları .....	29
5.1.3. Efektif Beyin Ağları .....	30
5.2. BEYİN AĞLARININ OLUŞTURULMASI İÇİN İŞLEM BASAMAKLARI .....	31
5.3. BEYİN AĞLARI İLE İLGİLİ ARAÇLAR .....	33
5.3.1. Beyin Ağlarında Eşik Değeri Uygulaması .....	33
5.3.2. Beyin Ağları Oluşturmak İçin Kullanılan Araçlar .....	34
5.3.3. Beyin Ağlarının Görselleştirilmesi .....	34
5.4. BAĞLANTI TAHMİN YÖNTEMLERİ .....	35
5.4.1 Coherence (COH-Uyum, Tutarlılık) .....	36
5.4.2. Phase Locking Value (PLV, Faz Kitleme Değeri) .....	37
5.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER .....	38
5.5.1. Bağımlı ve Bağımsız Değişken Testleri .....	39
5.5.2. Null-Model Test .....	40
BÖLÜM 6 .....	42
VERİ VE YÖNTEM .....	42
6.1. VERİ .....	42
6.1.1. Kullanılan Veri Seti .....	42
6.1.2. EEG Kayıt Süreci .....	43
6.1.3. Deney Tasarımı .....	43

	<b><u>Sayfa</u></b>
6.1.3. Dinlenme Durumu .....	44
6.1.4. Bilişsel Görevler .....	44
6.1.5. Başarılı ve Başarısız Bireylerin Belirlenmesi.....	45
6.1.6. Gönüllü Denekler.....	45
6.2. YÖNTEM.....	46
6.2.1. Fonksiyonel Beyin Ağı Bağlantı Matrislerinin Oluşturulması.....	48
6.2.2. Ağ Parametrelerinin Hesaplanması .....	50
6.2.3. İstatistiksel Hesaplamalar .....	51
6.2.3.1. t-Testi Analizleri .....	51
6.2.4. Null-Model Analizleri .....	52
6.2.5. Beyin Ağı Görselleştirme Çalışmaları.....	53
BÖLÜM 7 .....	54
BULGULAR.....	54
7.1. COH VE PLV YÖNTEMLERİNDE FONKSİYONEL BEYİN AĞI BAĞLANTI MATRİSLERİ.....	54
7.2. COH VE PLV YÖNTEMLERİNDE FONKSİYONEL BEYİN AĞI PARAMETRE ANALİZLERİ.....	59
7.2.1. COH ve PLV Yöntemi İçin Tüm Gönüllülerin Dinlenme/Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri.....	60
7.2.2. Erkekler/Kadınlar İçin Dinlenme Durumu Ağ Parametreleri.....	62
7.2.3. Erkekler/Kadınlar İçin Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri .....	64
7.2.4. Bilişsel Görev Esnasında Başarılı/Başarısızlar İçin Dinlenme Durumu Ağ Parametreleri.....	66
7.2.5. Bilişsel Görev Esnasında Başarılı/Başarısızlar İçin Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri.....	68
7.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI.....	70
7.4. NULL-MODEL ANALİZ SONUÇLARI .....	73
7.5. BEYİN AĞI GÖRSELLEŞTİRMELERİ.....	78
BÖLÜM 8 .....	80
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	80

	<b><u>Sayfa</u></b>
8.1. SONUÇLAR .....	80
8.2. ÖNERİLER .....	81
KAYNAKLAR .....	82
EK AÇIKLAMALAR.....	88
HESAPLANAN TÜM AĞ PARAMETRE DEĞERLERİ.....	88
ÖZGEÇMİŞ .....	109

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Tez akış diyagramı. ....	4
Şekil 3.1. Nöron hücre yapısı]. ....	12
Şekil 3.2. Beyin lobları .....	14
Şekil 3.3. EEG ile gerçekleştirilen deney görseli .....	16
Şekil 3.4. Uluslararası 10/20 sistemine göre 21 elektrot yerleşim planı. ....	17
Şekil 4.1 Königsberg Köprüsü (A) ve graf gösterimi (B). ....	20
Şekil 4.2. 8 düğüm ve 8 bağlantıdan oluşan graf gösterimi. ....	21
Şekil 4.3. $p$ değerine göre Watts-Strogatz ağının değişimi .....	23
Şekil 5.1. Farklı türdeki canlılara ait connectome ağlarının görünümü. ....	28
Şekil 5.2 Anatomik bağlantısallık (A), Fonksiyonel bağlantısallık (B) ve Efektif bağlantısallık (C).....	30
Şekil 5.3. Beyin ağlarının oluşturulması için uygulanan işlem basamakları [23]. ....	32
Şekil 5.4. Beyin ağı bağlantı matrisi (A), Bağlantı matrisinin eşik değeri uygulanmış görünümü (B). ....	34
Şekil 5.5. Beynin farklı görünümleri üzerinde beyin ağının görünümü. ....	35
Şekil 5.6. Orijinal ağ (A) ve orijinal ağın derece, ağırlık ve güç değerleri korunarak elde edilen null-modeli (B) .....	41
Şekil 6.1. EEG zaman diyagramı (0-3 dk. Adaptasyon), (3-6 dk. dinlenme durumu) ve (6-10 dk. bilişsel görevler). ....	43
Şekil 6.2. Dinlenme durumunda kaydedilen EEG sinyalleri. ....	44
Şekil 6.3. Bilişsel görev durumunda kaydedilen EEG sinyalleri.....	45
Şekil 6.3. Hermes yöntem seçim ara yüzü.....	49
Şekil 6.4.Hermes veri giriş ara yüzü.....	50
Şekil 6.5 Null-model parametre dağılım histogram grafiği.....	53
Şekil 7.1. Beyin bölgelerinin beyin ağı matrisi üzerinde görünümü. ....	55
Şekil 7.2. COH yöntemi, tüm gruplar için (A) Teta, (B) Alfa, (C) Beta ve (D) Gama bantları ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri.....	56
Şekil 7.3. PLV yöntemi, tüm gruplar için (A) Teta, (B) Alfa, (C) Beta ve (D) Gama bantları ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri.....	57
Şekil 7.4. COH yöntemi için tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	60

Şekil 7.5. PLV yöntemi için tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	61
Şekil 7.6. COH yöntemi için erkek ve kadın gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	63
Şekil 7.7. PLV yöntemi için erkek ve kadın gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	64
Şekil 7.8. COH yöntemi için erkek ve kadın gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	65
Şekil 7.9. PLV yöntemi için erkek ve kadın gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	66
Şekil 7.10. COH yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	67
Şekil 7.11. PLV yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	68
Şekil 7.12. COH yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	69
Şekil 7.13. PLV yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi. ....	69
Şekil 7.14. Dinlenme durumunda fonksiyonel beyin ağı görselleştirmeleri. ....	79
Şekil 7.15. Bilişsel görev durumunda fonksiyonel beyin ağı görselleştirmeleri. ....	79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1. Fonksiyonel görüntüleme tekniklerinin karşılaştırılması. ....	19
Çizelge 5.1. Tüm gönüllülerin bilişsel görev durumunda beta bandı için coherence yöntemi ile hesaplanan bağlantı matrisi. ....	37
Çizelge 5.2. Tüm gönüllülerin görev performansı sırasında beta bandı için PLV yöntemi ile hesaplanan bağlantı matrisi. ....	38
Çizelge 6.1. Gönüllülerin cinsiyet, yaş ve başarı durumları.....	46
Çizelge 6.2. Elektrot isimleri ve 10/20 elektrot yerleşim şemasına göre x,y,z eksenindeki konumları.....	50
Çizelge 6.3. Kolmogorov-Smirnov yöntemi ile yapılan normallik testi örneği. ....	52
Çizelge 7.1. Tüm gönüllülerin dinlenme ve bilişsel görev performansı durumu için istatistiksel sonuçlar.....	70
Çizelge 7.2. Başarılı ve Başarısız denekler için dinlenme durumu istatistiksel sonuçlar.....	71
Çizelge 7.3. Başarılı ve başarısız denekler için bilişsel görev performansı için istatistiksel sonuçlar.....	71
Çizelge 7.4. Erkek ve Kadın denekler için dinlenme durumu istatistiksel sonuçlar. .	72
Çizelge 7.5. Kadın ve Erkek denekler için bilişsel görev performansı için istatistiksel sonuçlar.....	73
Çizelge 7.6. Tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması. ....	74
Çizelge 7.7. Erkek/Kadın grupları dinlenme durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması. ....	75
Çizelge 7.8. Erkek/Kadın grupları bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması. ....	76
Çizelge 7.9. Başarılı/Başarısız grupları dinlenme durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması. ....	77
Çizelge 7.10. Başarılı/Başarısız grupları bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması. ....	77
Çizelge Ek 1.1. COH yöntemi, Teta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	89
Çizelge Ek 1.2. COH yöntemi, Alfa bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	89
Çizelge Ek 1.4. COH yöntemi, Gama bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	90



Çizelge Ek 1.5. COH yöntemi, Teta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	91
Çizelge Ek 1.6. COH yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	91
Çizelge Ek 1.7. COH yöntemi, Beta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	91
Çizelge Ek 1.8. COH yöntemi, Gama bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	92
Çizelge Ek 1.10. COH yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	93
Çizelge Ek 1.11. COH yöntemi, Beta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	94
Çizelge Ek 1.12. COH yöntemi, Gama bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	94
Çizelge Ek 1.13. COH yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	95
Çizelge Ek 1.14. COH yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	95
Çizelge Ek 1.15. COH yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	96
Çizelge Ek 1.16. COH yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	96
Çizelge Ek 1.17. COH yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	97
Çizelge Ek 1.18. COH yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	97
Çizelge Ek 1.19. COH yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	98
Çizelge Ek 1.20. COH yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	98
Çizelge Ek 1.21. PLV yöntemi, Teta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	99
Çizelge Ek 1.22. PLV yöntemi, Alfa bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	99
Çizelge Ek 1.23. PLV yöntemi, Beta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	100
Çizelge Ek 1.24. PLV yöntemi, Gama bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	100

## Sayfa

Çizelge Ek 1.25. PLV yöntemi, Teta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	101
Çizelge Ek 1.26. PLV yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	101
Çizelge Ek 1.27. PLV yöntemi, Beta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	102
Çizelge Ek 1.28. PLV yöntemi, Gama bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	102
Çizelge Ek 1.29. PLV yöntemi, Teta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	103
Çizelge Ek 1.30. PLV yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	103
Çizelge Ek 1.31. PLV yöntemi, Beta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	104
Çizelge Ek 1.32. PLV yöntemi, Gama bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	104
Çizelge Ek 1.33. PLV yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	105
Çizelge Ek 1.34. PLV yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	105
Çizelge Ek 1.35. PLV yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	106
Çizelge Ek 1.36. PLV yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	106
Çizelge Ek 1.37. PLV yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	107
Çizelge Ek 1.38. PLV yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	107
Çizelge Ek 1.39. PLV yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri. ....	108
Çizelge Ek 1.40. PLV yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.....	108

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

- $A_{ij}$  : bağlantı matrisi  
 $C_{ij}$  : bağlantı değeri  
 $f$  : f frekans  
 $n$  : düğüm sayısı  
 $p$  : bağlantı olasılığı  
 $S_{xx}(f)$  : güç spektral yoğunluğu  
 $\tau$  : eşik değeri  
 $\varphi$  : iki sinyal arasındaki faz farkı

### KISALTMALAR

- BT : Bilgisayarlı tomografi  
COH : Uyum, Tutarlılık (Coherence)  
EEG : Elektroensefalografi  
fMRI : İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme  
MEG : Manyetoensefalografi  
MRI : Manyetik Rezonans Görüntüleme  
PET : Pozitron Emisyon Tomografi  
PLI : Faz-Gecikme İndeksi (Phase-Lag Index)  
PLV : Faz Kilitleme Değeri (Phase Locking Value)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

İnsan beyni, yapısal ve işlevsel olarak birbirine bağlı parçalardan oluşan büyük ve karmaşık bir ağıdır [1]. Bilinen en karmaşık yapı ve sistemleri içerdiği söylenebilir. Yaşam için gerekli olan bilişsel ve fiziksel mekanizmaların kontrol merkezidir. Bu işlevler karmaşık kimyasal ve elektriksel süreçler sonucunda gerçekleşir. Beynin yaşamsal süreçleri nasıl yönettiğinin açığa çıkarılması amacıyla beyin anatomik ve işlevsel yapısı araştırılmaktadır. Beyin araştırmalarının geçmişi çok eski dönemlere dayanmakla birlikte, klasik araştırma teknikleri beyin araştırmaları için detaylı bilgiler sağlayamamışlardır [2]. Bu nedenle beyin anatomik yapısı ve işlevsel özellikleri günümüzde tam olarak keşfedilememiştir [3]. Son yıllarda kullanımı yaygınlaşan Elektroensefalografi (EEG), İşlevsel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI), Bilgisayarlı tomografi (BT), Pozitron emisyon tomografisi (PET) ve Manyetoensefalografi (MEG) gibi modern teknolojiler kullanılarak beyin yapısı ve işleyişi detaylı olarak araştırılabilmektedir. Bu cihazların sağladığı verilerin, görüntü ve sinyal işleme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmesi ile beyinle ilgili bilgi birikimi artmaktadır.

Beyinde gerçekleşen öğrenme, odaklanma, hafıza, bilgi transferi ve depolanması gibi süreçlerin incelenmesi beyin araştırmalarının ana amaçlarından biridir. Beyin araştırmaları sinirbilim alanı içerisinde yer almaktadır. Sinirbilim araştırmalarında birçok farklı yöntem ve teknikten faydalanılmaktadır. Bu alanda kullanılan yöntemlerden olan beyin ağları (brain networks), graf teorisi ve ağ bilimi temeline dayanan bir araştırma alanıdır. Beyin ağları araştırmaları, beyin doğal olarak sahip olduğu anatomik ve fonksiyonel bağlantıları incelemektedir.

Beyin ağları, beynin yapısal ve fonksiyonel özellikleri kullanılarak beyin bağlantı diyagramının oluşturulmasını amaçlamaktadır [4]. İnsan beyninin, düğümler ve bağlantılardan oluşan ağ matrisleri kullanılarak bağlantı diyagramları formunda modellenmesi “*konektom*” (*connectome*) olarak adlandırılmaktadır [3]. Konektomlar, beyin bağlantılarının küçük boyutlu ağ modelleridir [5]. Farklı beyin ağı türleri olmakla birlikte beyin ağları yapısal ve fonksiyonel olmak üzere iki ana türden oluşmaktadır. Bu ayrım beyin görüntüleme tekniklerinden alınan biyolojik verinin türünden kaynaklanmaktadır. Yapısal beyin ağları doğrudan beynin anatomik bağlantılarını modellemektedir. Fonksiyonel beyin ağları ise görüntüleme yöntemleri ile kaydedilen sinyal çiftleri arasındaki istatistiksel korelasyonlardan elde edilmektedir [6]. Beyin ağları doğru bir şekilde oluşturulduktan sonra kullanılan görüntüleme yönteminden bağımsız olarak kompleks ağ analizleri ve parametre hesaplamaları yapılabilmektedir [1].

Geniş uygulama alanına sahip olan beyin ağları literatürde çok sayıda farklı araştırmada kullanılmıştır. Genel olarak beyin ağı araştırmaları, sağlıklı veya hasta bireylerin beyin ağı topolojisinin ve ağ parametrelerinin değişiminin incelenmesi için kullanılmaktadır. Bu çalışmalar, şizofreni [7], alzheimer [8], demans [9], epilepsi [10] gibi beyin hastalıklarının araştırılmasından, sağlıklı insanlarda duygu durumlarının sınıflandırılmasına [11], yabancı dil öğrenmenin beyin üzerine etkisine [12], zeka ve entelektüel performansın ortaya konulmasına [13,14] kadar geniş bir alanda yer almaktadır.

## **1.1. SİNİRBİLİM VE BİLİŞSEL SİNİRBİLİM**

İnsan beyninin anatomik yapısının ve işleyişinin keşfedilmesi popüler araştırma alanlarından. Bu alandaki detaylı araştırmaların sayısı günümüz teknolojik imkânlarının kullanılmasıyla artmıştır. Beyin araştırmaları disiplinler arası bir alandır. Bu alan, tıbbi bilimler, biyoloji, psikoloji, matematik, elektronik, bilgisayar ve yazılım bilimleri gibi farklı alanların katkılarıyla ilerlemektedir. Beyin araştırmaları alanında farklı disiplinlerin bir arada kullanılmasıyla “sinirbilim” (neuroscience) alanı ortaya çıkmıştır. Sinirbilim alanının gelişimi ve yapılan çalışmaların sayısının artması doğrudan teknolojik gelişmeler ile ilişkilidir [15].

Beynin anatomik ve işlevsel yapısı sinirbilim araştırmalarında kullanılabilir bir çok veri sağlamaktadır [16]. Sinirbilim alanı, kendi içerisinde alt alanlara ayrılmaktadır. Bu alt alanlara bilişsel sinirbilim, hesaplamalı sinirbilim ve karşılaştırmalı sinirbilim örnek olarak verilebilir. Bilişsel sinirbilim araştırmaları, bilişsel süreçlerin (algılama, düşünme, konuşma, hayal etme, planlama vb.) beyinde nasıl gerçekleştiğini incelemektedir [15]. Bu araştırmalarda bilişsel süreçlerin ve çeşitli durumların beyin aktivitesinde meydana getirdiği anlık değişimler incelenmektedir. Bilişsel faaliyetin gerçekleştiği anda beyin dinamiklerindeki olası değişimler nicel yöntemler ile ortaya konulmaktadır [17]. Beyin dinamiklerinde meydana gelen değişimlerin graf teorisi ve kompleks ağ yöntemleri ile incelenmesi sinirbilimin nicel uygulamalarındandır [1,18]. Bu uygulamalar kullanılarak beyin dinamiklerinin davranış ve bilişsel süreçler üzerindeki olası etkileri incelenmektedir [17]. Sinirbilim alanında çalışan araştırmacılar “sinirbilimci” (neuroscientist) olarak isimlendirilmektedir [19].

Sinirbilim alanında yapılan çalışmalar sadece insanlar üzerinde değil çeşitli hayvan grupları üzerinde de gerçekleştirilmektedir. Bu alışmalar sinir sisteminin gelişimi ve organizasyonu ile ilgili çeşitli karşılaştırmalı analizleri konu almaktadır [20]. Literatürde bir çok farklı alana uyarlanmış sinirbilim uygulamaları mevcuttur. Beyin ve sinir sistemi ile etkileşimi olan bu uygulamalar, nöropazarlama teknikleri [21], hastalık araştırması [7], beyin haritalandırılması [22,23] ve sınıflandırma çalışmaları [24] gibi geniş bir alanı kapsamaktadır.

## **1.2. TEZ ORGANİZASYONU VE AMACI**

Bu alışma, insan beyninin dinlenme ve bilişsel görev koşullarında fonksiyonel bağlantı dinamiklerinin yüksek zamansal çözünürlüklü olarak incelenmesi ve karşılaştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla gönüllü deneklerden dinlenme ve bilişsel görevler (aritmetik seri çıkarma işleminde) altında alınan EEG sinyalleri kullanılmıştır. EEG sinyalleri beyin ağı çalışmalarında, girişimsel bir yöntem olmaması, zararsız olması, yüksek zamansal çözünürlüğü ve diğer yöntemlere göre düşük maliyetli olması nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır.

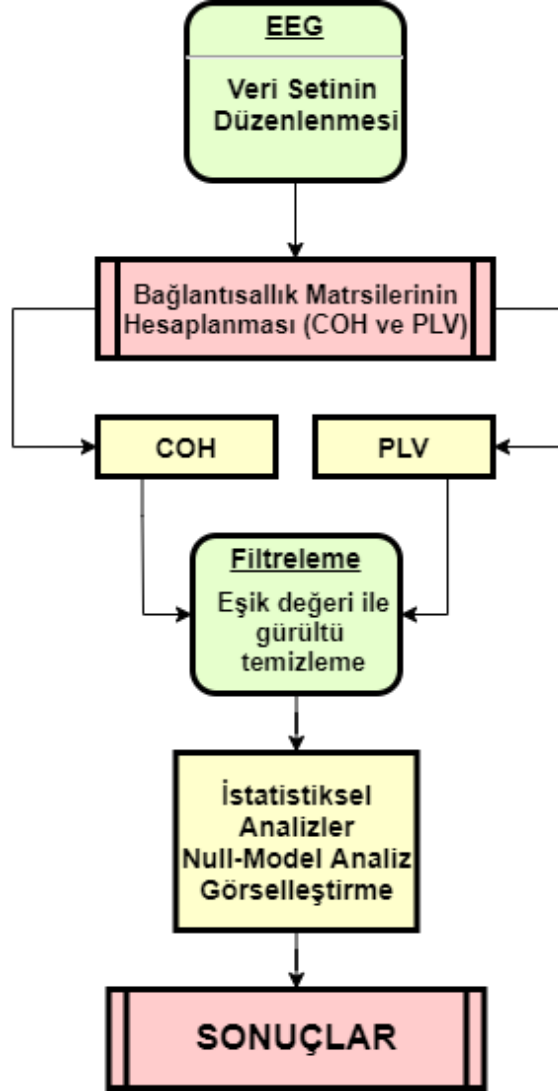
Çalışma kapsamında fonksiyonel beyin ağı elde etmek için Physionet veri tabanından alınan EEG kayıtları kullanılmıştır [25–27]. Veri setinde dinlenme durumu ve bilişsel görevler sırasında alınan EEG sinyalleri bulunmaktadır. Bu sinyaller kullanılarak dinlenme ve bilişsel görev durumları için fonksiyonel beyin ağları oluşturulmuştur. Veri setinde bilişsel görev olarak, yoğun beyin aktivitesi gerektiren ‘*zihinden matematiksel seri çıkarma*’ işlemi deneklere verilmiştir. Çalışma kapsamında cinsiyet ve bilişsel başarı grupları için fonksiyonel beyin ağı analizleri yapılmıştır. Gönüllüler, kadınlar ve erkekler olarak gruplanmış ve bilişsel görevlerde başarılı olanlar ve başarısız olanlar olarak etiketlenmiştir. Fonksiyonel beyin ağı çalışmaları tüm gruplar için EEG’nin alt bantları olan, teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz) ve gama (30-100 Hz) için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Fonksiyonel beyin ağı dinamiklerinin incelenmesinde, *Derece (Degree)*, *Güç (Strength)*, *Ortalama yol uzunluğu (Avg. Path Length)*, *Kümelenme katsayısı (Clustering Coefficient)*, *Yoğunluk (Density)*, *Ortalama düğüm eksantrikliği (Average nodal eccentricity)*, *Çap (Diameter)*, *Yarı çap (Radius)*, *Geçişlilik (Transitivity)*, *Global verimlilik (Global efficiency)*, *Local verimlilik (Local efficiency)* ve *Assortativity* kompleks ağ parametreleri hesaplanmıştır.

Gruplar arasındaki ağ temelli farklılıkların istatistiksel olarak incelenmesi için veri türüne göre gerekli t-testi uygulamaları yapılmıştır. Ayrıca ağ analizleri özelinde kullanılan beyin ağı ile null-model ağ parametrelerinin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ağlardaki topolojik farklılıklara dikkat çekebilmek amacıyla ağ görselleri üretilmiş ve sunulmuştur. Bu kapsamda yapılan çalışmaların işlem basamakları Şekil 1.1’de tez akış diyagramı olarak verilmiştir.

Bu tez çalışması sekiz bölümden oluşmaktadır. *Bölüm 1*’de, sinirbilim ve bilişsel sinirbilim kavramları, tez organizasyonu, tezin amacı ve çalışmanın literatüre katkıları verilmiştir. *Bölüm 2*’de literatür özeti verilmiştir. *Bölüm 3*’te beyin ve sinir sisteminin genel yapısı, EEG ve diğer görüntüleme yöntemlerinin genel özelliklerinden bahsedilmiştir. *Bölüm 4*’te graf teorisi ve kompleks ağların genel özellikleri ile ağ parametrelerinden bahsedilmiştir. *Bölüm 5*’te beyin ağları ve türleri, EEG sinyali işlemede kullanılan bağlantı tahmin yöntemleri, kullanılan istatistiksel yöntemler ve

null-model ağ analizleri hakkında temel bilgiler verilmiştir. Bölüm 6’da araştırmada kullanılan veri seti ve yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir. Bölüm 7’de yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara değinilmiş ve bu bulgular ağ bilimi açısından yorumlanmıştır. Bölüm 8’de ise çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve geleceğe dair önerilere yer verilmiştir.



Şekil 1.1. Tez akış diyagramı.



### 1.3. ÇALIŞMANIN LİTERATÜRE KATKILARI

Bu tez çalışması ile elde edilen fonksiyonel beyin ağı çıktıları kullanılarak literatüre sunulan bilimsel yayınlar aşağıda verilmiştir.

SCI, SCI-Expanded, SSCI veya AHCI kapsamındaki hakemli dergilerde yayımlanmış makale;

- Demir, S., & Türker, İ. (2021). Arithmetic success and gender-based characterization of brain connectivity across EEG bands. *Biomedical Signal Processing and Control*, 64, 102222.

<https://doi.org/10.1016/j.bspc.2020.102222>

Uluslararası sempozyumda/kongrede sunulmuş ve tam metni basılmış sözlü bildiri;

- Demir, S., & Türker, İ. (2019). Functional Brain Network Analysis Under Cognitive Task. *International Conference on Advanced Technologies, Computer Engineering and Science (ICATCES 2019)*, page:124-128, Apr 26-28, 2019 Alanya, Turkey.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ÖZETİ

Merkezi sinir sisteminin bir parçası olan beyin, insan vücudunun genel yönetim merkezidir. Beyin yapı itibariyle, fiziksel, elektriksel ve kimyasal olarak birbirlerine bağlı hücrelerden oluşmaktadır. İnsan beyninde bulunan hücresel bağlantılar büyük bir ağ formundadır [18]. İnsanoğlu için bilinen en karmaşık sistemin beyin olduğu söylenebilir [28]. Beynin anatomik yapısını inceleyen çalışmaların geçmişi çok eski dönemlere gitmekte ancak beynin işlevsel özellikleriyle ilgili araştırmaların geçmişi ise oldukça yenidir. Beynin hakkında detaylı verilere modern görüntüleme ve ölçme yöntemlerinin kullanılmasıyla ulaşılmaya başlanabilmektedir [2]. Bu verilerin kullanımı sinirbilim araştırmalarının gelişmesinde önemli etkenlerdendir [15]. Esasında tüm bu teknolojik ve bilimsel gelişmelere rağmen insan beyнинin bilişsel faaliyetleri nasıl gerçekleştirdiği henüz tam olarak aydınlatılamamıştır [3].

Sinirbilim araştırmalarında çeşitli yöntem ve teknikler kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan yöntemlerden birisi de beyin ağları araştırmalarıdır. Kökenleri kompleks ağlara ve graf teorisine dayanan bu yeni yaklaşım, büyük boyutlu veri içeren ağ yapılarının analiz edilmesini sağlayan bilgi işleme teknolojilerinin gelişimi ile ortaya çıkmıştır. Beyin ağları uygulamalarında, görüntüleme yöntemlerinden alınan beyin verilerinin graf formatına dönüştürülmesi ile beynin nispeten düşük çözünürlüklü ağ izdüşümleri elde edilebilmektedir. Beyin ağları araştırma alanında yapılan çalışmaların sayısı, görüntüleme yöntemleri ile elde edilen verilerin kullanımı ve yöntemlerinin sağladığı imkanların gelişmesi paralelinde artmıştır [29]. Kompleks ağ biliminin sahip olduğu geniş teorik bilgi alt yapısının hızlı bir şekilde beyin ağlarına uygulanması da artışın nedenleri arasındadır.

Ancak yapılan çalışmalara rağmen henüz beyin bağlantı özellikleri tümüyle ortaya çıkarılamamıştır. Bu nedenle beyin ağları alanında yeni yöntemlerin geliştirilmesi, daha detaylı ağ dönüşümleri için önemli bir gerekliliktir [30].

Elemanları arasında fiziksel veya sanal bir ilişki bulunan bütün sistemler graf kullanılarak ifade edilebilmektedir. Graf yapılarında ağı oluşturan her bir eleman “*düğüm*”, düğümler arasındaki ilişkiler ise “*bağlantı*” olarak adlandırılmaktadır. Matematiksel olarak, “*N*” düğümler kümesini ve “*P*” ise bağlantılar kümesini ifade etmekte,  $G = \{P, E\}$  ise düğümlerden ve bağlantılarda oluşan bir grafi temsil etmektedir [31]. Büyük miktarda düğüm ve bağlantının bir araya gelmesi ile kompleks ağlar oluşur. Kompleks ağlar temel olarak iki ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar *model ağlar* ve *gerçel ağlardır*. *Model ağlar*, belirli matematiksel algoritmalar ile yapay olarak oluşturulan ağ modelleridir. Model ağlara örnek olarak random model ağlar (Erdős-Rényi model), küçük dünya ağları (Watts-Strogatz model) ve ölçek bağımsız ağlar (Barabasi-Albert model) verilebilir [31]. *Gerçel ağlar*, gerçek dünyada bulunan sistemlerin düğümler ve bağlantılar kullanılarak modellenmesi ile oluşan ağlardır. Gerçel ağlara; beyin ağları [32], bilgisayar ağları [33], bilimsel iş birliği ağları [34], kelime ağları [35], atıf ağları ve protein ağları gibi ağlar örnek olarak verilebilir [31].

Gerçel ve model ağların topolojik özellikleri ve ağ parametrelerinin incelenmesi için ağ parametre analizleri kullanılmaktadır. Parametre analizleri kullanılarak, düğümler ve bağlantıların birbirlerine göre uzaklık, konum, ağırlık ve komşuluk gibi özellikleri incelenmektedir. Gerçel bir ağ olan beyin ağı analizi çalışmalarında da bu parametre analizleri kullanılmaktadır [36]. Ağ bilimi içerisinde birçok ağ parametresi bulunmakla birlikte bu parametrelerden, nörobiyolojik ilkelere uygun olanlar beyin ağı araştırmalarında kullanılmaktadır [37]. Beyin ağlarının öznelik değerlerine ilişkin analizler lokal ve global ölçekte incelenebilmektedir. Lokal ölçekte yapılan analizler sadece ilgili düğümü kapsarken global ölçekli parametreler tüm ağ ile ilgili bilgiler vermektedirler [8,36]. Bu analizler kullanılarak beyin aktivitesindeki değişimin ağ topolojisi ve parametrelerine etkisinin ölçülmesi amaçlanmaktadır [4].

Literatürde çok sayıda ağ parametresi olmakla birlikte beyin ağı analizlerinde sık kullanılan parametrelere [36,38]; *Derece (Degree)*, *Güç (Strength)*, *Ortalama yol uzunluğu (Avg. Path Length)*, *Kümeleme katsayısı (Clustering Coefficient)*, *Yoğunluk (Density)*, *Ortalama düğüm eksantrikliği (Average nodal eccentricity)*, *Çap (Diameter)*, *Yarı çap (Radius)*, *Geçişlilik (Transitivity)*, *Global verimlilik (Global efficiency)*, *Local verimlilik (Local efficiency)* ve *Assortativity* örnek olarak verilebilir. Bu çalışma kapsamında kullanılan ağ parametrelerinin genel açıklamaları *Bölüm 4*'te verilmiştir.

Beyin ağı çalışmalarında ağı oluşturan düğümlerin beyinin hangi özelliğini temsil ettiğine göre ağın seviyesi değiştirmektedir [3]. Beyin ağlarında, makroskobik ve mikroskobik seviye olmak üzere iki farklı seviye vardır. Beynin anatomik bölgeleri arasındaki bağlantıyı makroskobik seviye ve nöronlar arasındaki bağlantıyı ise mikroskobik seviyedeki beyin ağları temsil etmektedir. Her iki seviyesi için ağ topolojisi incelemesi ve parametre analizleri yapılabilmektedir [39]. Mikroskobik seviyedeki connectome çalışmalarında ışık ve elektron mikroskobu ile elde edilen veriler kullanılmaktadır [40]. Makroskobik seviyedeki beyin ağı araştırmalarda ise EEG ve MEG gibi cihazlar ile elde edilen veriler kullanılmaktadır.

Beyin ağları anatomik, fonksiyonel ve efektif olmak üzere üç alt kategori altında incelenmektedir [1]. Bu ayırım, kullanılan beyin görüntüleme tekniklerine, ağı oluşturan düğümlerin ve bağlantıların nasıl oluşturulma yöntemlerine göre değişmektedir.

- ***Yapısal (Anatomik) Beyin Ağları:*** Beynin anatomik bağlantılarından elde edilen beyin ağlarıdır [41].
- ***Fonksiyonel Beyin Ağları:*** Beyin bölgeleri arasındaki fonksiyonel bağlantılardan elde edilen ağlardır [42]. Nörolojik görüntüleme yöntemlerinden elde edilen zaman serisi formundaki sinyallerin aralarındaki istatistiksel ilişkiler kullanılarak oluşturulmaktadır [1].

- **Efektif Beyin Ağları:** Efektif ağ modelinde sinirsel ögeler arasındaki nedensel ilişki ve etkilerin modellenmesi amaçlanmaktadır [6,43].

Fonksiyonel beyin ağlarında EEG, MEG ve fMRI gibi sistemlerle alınan veriler kullanılmaktadır. EEG kullanılarak elde edilen fonksiyonel beyin ağları, zaman serileri formundaki sinyallerin bağlantı tahmin yöntemleri kullanılarak işlenmesi ile oluşturulmaktadır [30]. Bağlantı tahmin yöntemleri istatistiksel korelasyon yaklaşımları kullanılarak iki elektrot çifti arasındaki bağlantının ağırlığının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Bu sinyal işleme yöntemleri, “*klasik teknikler*”, “*faz senkronizasyon teknikleri*” ve “*granger causality*” teknikleri gibi alt başlıklar altında incelenmektedir. Literatürde geçen sinyal işleme tekniklerine örnek olarak Phase locking value (PLV), Phase-lag index (PLI), Coherence (COH), ve Partial directed coherence vb. yöntemler verilebilir. Bu yöntemler ve diğer yöntemlere ilişkin detaylı bilgiler ilgili çalışmalarda görülmektedir [44].

Beyin ağı çalışmalarında parametre değerlerinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için belirli işlem basamaklarının sırasıyla takip edilmesi gerekmektedir. Bu işlem basamakları [42];

1. Düğümlerin belirlenmesi
2. Düğümler arası bağlantıların hesaplanması
3. Komşuluk matrisinin hesaplanması
4. Ağ parametrelerinin hesaplanmasıdır.

Dinlenme ve bilişsel uyaran durumu olmak üzere iki farklı durum altında alınan dijital beyin verileri beyin ağı çalışmalarında kullanılmaktadır [45]. Fonksiyonel beyin ağı çalışmalarında bu durumlar altında ölçülen EEG ve fMRI vb. sinyaller kullanılmaktadır [16,27,46,47].

Beyin verilerinin kullanıldığı birçok beyin ağı çalışması literatürde bulunmaktadır. Genel olarak sağlıklı beyin ağının veya çeşitli hastalıkları bulunan beyinlerin bağlantı özellikleri incelenmektedir [30]. Bu çalışmalar, hasta veya sağlıklı kişilerden oluşan denek gruplarının beyin ağı parametrelerinin birbirleriyle karşılaştırılması şeklinde

yapılabilmektedir [39]. Beyin ağı araştırmaları sağlıklı yetişkinlerde [48], ergenlerde, [37], küçük çocuklarda [14,18], bebeklerde [49,50] ve anne karnındaki ceninlere [51] kadar her yaştaki insan beyni için yapılmaktadır. Ayrıca farklı hayvan türlerinden (güvercin, kedi vb.) elde edilen ağ parametrelerinin incelendiği çalışmalar literatürde yer almaktadır [20].

Sağlıklı gönüllülerden kaydedilen beyin verileri ile fonksiyonel beyin ağı çalışmaları çeşitli yöntemler ile yapılmaktadır. Bu çalışmalar, çeşitli uyarılar altında aynı denek grubunun uyartım öncesi ve sonrası ağ parametrelerinin değişimin incelenmesi veya iki farklı denek grubunun beyin ağlarının aynı uyarı için karşılaştırılması gibi yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Bilişsel sinirbilim açasından sağlıklı kişilerle ilgili yapılan beyin araştırmalarına örnek olarak; yabancı dil öğrenimi [12], müzik [52], duygular [11], zeka ve entelektüel performans [13,14] konularında yapılan çalışmalar verilebilir.

Sağlıklı kişilerden farklı olarak literatürde beyin hastalıkları konusunda gerçekteşirilen beyin ağı çalışmaları bulunmaktadır [53]. Bu çalışmalar iki ana yöntem altında gerçekteşirilmiştir. İlk olarak hasta ve kontrol grupları arasında beyin ağının, dinlenme veya çeşitli uyarılar sonucunda değişimi incelenmiştir. İkinci yöntem ise aynı denek grubunun öncesi ve sonrası için yapılan araştırmalardır. Beyin ağı ile gerçekteşirilen çeşitli hastalık araştırmalarına örnek olarak şizofreni [54], demans [9], disleksi [55], epilepsi [10], uykusuzluk (insomnia) [56] ve yaşlanma (aging) [57] alanlarında yapılan çalışmalar verilebilir.

Beyin ağı çalışmalarında parametre analizleri, lokal bazda düğümlerin özellikleri ve global bazda beyinin genel topolojisi hakkında bilgiler vermektedir [8,29,37]. Beyin ağı parametrelerinin, beynin davranışsal, biyolojik ve klinik bilgilerini barındırdığı düşünölmektedir. Örneğin ortalama yol uzunluğu ve global verimlilik gibi parametreler beyin bölgeleri arasındaki bilginin iletim hızı ile ilişkili oldukları kabul edilmektedir. Kümelenme katsayısı parametresi ise ağdaki bilgi işlemenin derecesi ile ilişkilidir [1]. Graf teorisinin sinir sistemi araştırmalarında kullanıldığı ilk çalışmalara örnek olarak “*C. Elegans*” (*İplik kurdu*) isimli canlının sinir sisteminin ağ gösterimi verilebilir. Bu çalışma ile canlının sinir sistemi ağının, küçük dünya ağı özellikleri

olan yüksek kümelenme ve düşük yol uzunluğuna sahip olduğu keşfedilmiştir [20,58]. Benzer olarak sağlıklı insan beyninin de küçük dünya ağ modeline uygun, yüksek kümelenme ve düşük ortalama yol uzunluğu özellikleri gösterdiği görülmüştür [10,58]. Bu sayede insan beyin ağının rastsal veya düzenli bir ağ modeline sahip olmadığı ikisinin arasında küçük dünya modeline uygun bağlantı gösterdiği anlaşılmıştır [10,13].

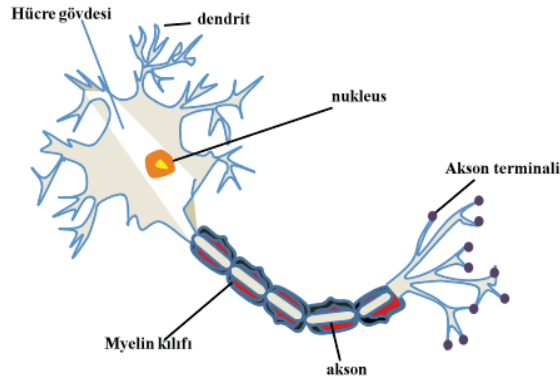
Daha önce yapılan çalışmalar ile ulaşılan bulgulara örnek olarak aşağıda sunulan bazı sonuçlar verilebilir. Dinlenme durumunda gençler ile yetişkin grupları arasındaki fonksiyonel beyin ağı parametrelerini inceleyen bir çalışmada, gruplara ait fonksiyonel beyin ağlarının birbirinden farklı parametre değerlerine sahip olduğu gösterilmiştir [59]. Bir başka çalışmada zekâ ile ortalama yol uzunluğu arasında negatif bir ilişki olduğu görülmüştür. Dinleme durumunda yüksek IQ puanına sahip kişilerde daha düşük ortalama yol uzunluğu değeri gözlemlenmiştir. Aynı çalışmada, global verimlilik ile entelektüel performans arasında pozitif yönlü ilişki olduğu saptanmıştır [13]. Bir diğer çalışmada kız çocukları ile erkek çocuklarının dinlenme durumlarında global verimlilik değerlerinin farklı olduğu, bu değerin erkeklerde daha yüksek olduğu görülmüştür [14]. Yenidoğanlarda gerçekleştirilen bir çalışmada, epilepsi nöbeti sırasında ve nöbetsiz durumlarda alınan EEG kayıtları fonksiyonel beyin ağına çevrilerek incelenmiştir. Nöbet geçirilen durumlarda elde edilen beyin ağının nöbet dışında alınan kayıtlara göre yüksek modülerlik ve düşük global verimlilik gösterdiği görülmüştür. Bu durum beyin ağının nöbet durumlarında daha seyrek ve ayırık parçalardan oluştuğunun göstergesidir [49].

Örnek olarak verilen çalışmalar beynin bağlantı şemasının yaş, cinsiyet, nörolojik hastalıklar ve bilişsel süreçler gibi farklı koşullar altında gösterdiği değişimleri ortaya koymaktadır. Biyolojik veriler kullanılarak elde edilen bu bilgiler, beynin çalışma prensibine ışık tutmakla birlikte, henüz keşfedilmemiş birçok bilgiyi de barındırmaktadır.

## BÖLÜM 3

### BEYİN

Beyin sinir sistemi aracılığı ile çeşitli alt birimleri ve organları yönetir. Beyinde gerçekleşen kimyasal ve elektriksel aktivite ile yaşamsal faaliyetler sağlanır. Bu süreçlerde gerçekleşen işlemlerin karmaşıklığı nedeniyle beyin bilinen en karmaşık yapı ve sistemler bütünüdür [2]. Sağlıklı insan beyni yaklaşık olarak 100 milyon ( $10^{11}$ ) nöron ve nöronları birbirine bağlayan yaklaşık 100 trilyon ( $10^{14}$ ) sinapstan oluşmaktadır [28]. Beyinde bulunan nöron hücreleri bilişsel süreçlerin gerçekleşmesini sağlayan temel hücre türüdür ve üç ana parçadan oluşur. Bu parçalar “hücre gövdesi”, “dendritler” ve “akson” dur. Hücre gövdesi, nöronun hücre çekirdeği ve diğer organelleri barındıran bölümüdür. Dendritler, nöronlar arasında bilgi transferini sağlayan birimlerdir. Akson ise nöronlar arasında elektriksel iletimi sağlayan birimdir. Nöronlar arasında ayrıca sinaps ismi verilen ve elektrik sinyal geçişine izin veren boşluklar vardır [15]. Nöronlar elektrik sinyallerini akson ve dendritler aracılığıyla beyin ile vücudun diğer birimleri arasında iletirler. Nöronlar bir ağ yapısı oluşturacak şekilde birbirlerine bağlıdır. Bu bağlantılar nöron hücresinin türüne göre fiziksel olabileceği gibi elektriksel de olabilmektedir [60]. Nöronların birbirlerine bağlanması sonucu karmaşık ve büyük boyutlu bir bağlantı ağı oluşmaktadır [15]. Şekil 3.1’de nöron hücresinin genel yapısı ve bölümlerini içeren görsel verilmiştir



Şekil 3.1. Nöron hücre yapısı [61].

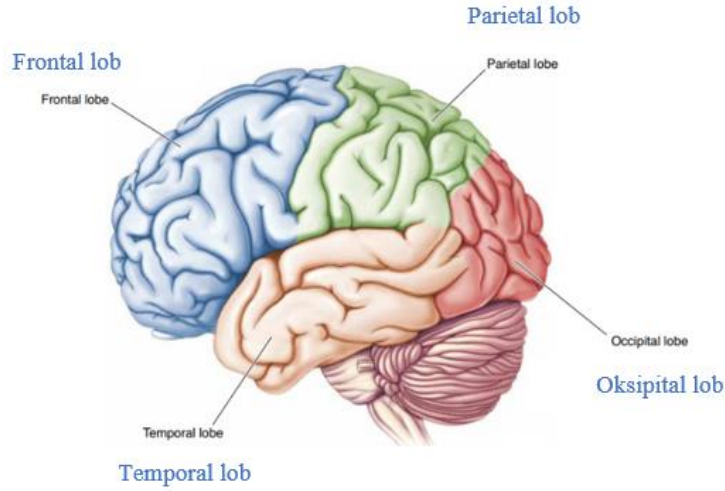


### 3.1. BEYİN BÖLGELERİ VE SİNİR SİSTEMİ

Tüm memeli canlılarda sinir sistemi bulunmaktadır. Bu sistem “*merkezi sinir sistemi*” ve “*çevresel (periferik) sinir sistemi*” olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Merkezi sinir sistemi “*beyin*” ve “*omurilikten*” oluşmaktadır. Beyin ve omurilik dışında kalan tüm yapılar çevresel sinir sisteminin parçasıdır. İnsan beyni, *Serebrum*, *Beyincik* ve *Beyin sapı* olmak üzere üç anatomik yapıdan oluşmaktadır [19]. Ayrıca insan beynini çevreleyen en dış katman korteks olarak adlandırılmaktadır [62].

**Serebrum:** Beynin en büyük bölümüdür. Sağ ve sol yarım küre olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Sağ yarım küre vücudun sol kısmında gerçekleşen faaliyetlerden sorumlu iken, sol yarım küre ise vücudun sağ kısmından sorumludur [19]. Yarım küreler görünüm olarak benzer olmakla birlikte tamamen aynı değildir. Yarım küreler içinde dört alt bölge bulunmaktadır. Bu anatomik bölgeler beyin lobu olarak adlandırılmaktadır. Beyin loblarının konumları ve yerleri anatomik olarak bellidir. Bu lobların genel görevleri aşağıda verilmiştir [62]. Şekil 3.2’de beyin loblarının konumları verilmiştir

- **Frontal Lob:** Beynin bu bölgesinde bilişsel görevler gerçekleşmektedir. Bilişsel faaliyetler olan problem çözme, planlama, karar verme, fikir değiştirme, dikkat ve odaklanma gibi süreçler ve yürütücü işlevler burada gerçekleşmektedir. Frontal lobun en uç kısmı bilişsel süreçlerin en yoğun gerçekleştiği bölgedir [62].
- **Parietal Lob:** Günlük rutin yaşamsal faaliyetler sırasında gerçekleşen, işitme, hafıza, duygular ve konuşulan dili anlama gibi süreçler bu bölümde gerçekleşmektedir [63].
- **Temporal Lob:** Dokunma, sıcaklığı algılama, tat alma, kelimeleri anlamlandırma ve boyutları algılama gibi işlemler beynin bu bölümünde gerçekleşmektedir [63].
- **Oksipital Lob:** Beynin görme merkezidir. Görme ile ilgili süreçler oksipital lobda gerçekleşmektedir [63].



Şekil 3.2. Beyin lobları [19].

**Beyincik:** Beyin ve beyin sapı arasında yer almaktadır. Vücudun fiziksel dengesi ve hareketlerinin koordinasyonu beyincik tarafından kontrol edilmektedir [19].

**Beyin sapı:** Vücut ısısının kontrolü, solunum ve bilinç gibi hayati işlemlerin yöneltildiği birimdir [19].

**Omurilik:** İnsan vücudunu oluşturan organlar, kaslar, eklemler gibi birimler ile beyin arasındaki iletişim omurilik üzerinden gerçekleştirmektedir [19].

Beyin anatomik olarak “*gri madde (gray matter)*” ve “*beyaz madde (white matter)*” isimli yapılardan oluşmaktadır. Gri madde nöron hücrelerinden, beyaz madde ise aksonlar ve destek hücrelerinden oluşmaktadır. Beynin dış katmanında gri madde onun alt katmanında ise beyaz madde bulunmaktadır. [15]. Beynin en dış katmanında bulunan korteks gri maddeden oluşmaktadır [62].

### 3.2. BEYİN GÖRÜNTÜLEME TEKNİKLERİ

Teknolojinin gelişimi yeni teknik ve yöntemlerin beyin araştırmalarında kullanılmasını sağlamaktadır. Bu yeni teknolojileri kullanan cihazlar ile beyin dokusu ve işlevsel özellikleri dijital olarak görüntülenebilmektedir. Beyin görüntüleme teknikleri iki ana gruba ayrılmaktadır. Birincisi beynin iç yapısı hakkında bilgi veren

yapısal görüntüleme teknikleri, ikincisi ise beyinde gerçekleşen faaliyetleri anlık olarak kaydeden fonksiyonel görüntüleme teknikleridir [2]. Yapısal görüntüleme tekniklerine örnek olarak MRI ve Bilgisayarlı tomografi (BT) verilmektedir. Fonksiyonel görüntüleme tekniklerine örnek olarak fMRI, EEG, MEG ve PET yöntemleri verilmektedir [64].

Bu tekniklerle yapılan görüntüleme işlemleri sonucunda, beynin yapısı ve fonksiyonel özellikleri hakkında incelenmesi gereken büyük veri kümeleri ortaya çıkmaktadır [36]. Kaydedilen biyolojik verinin türü sistemin kullandığı görüntüleme teknolojisine göre değişmektedir. Görüntüleme teknolojilerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları vardır.

### **3.2.1. Elektroensefalografi (EEG)**

İnsan vücudunun sahip olduğu elektriksel aktivite eski çağlardan beri bilinmektedir. Bu elektriksel aktiviteler vücudun değişik birimleri tarafından üretilmektedir. Beyinde oluşan elektriksel aktivitenin varlığı, İngiliz fizyolog Richard Caton tarafından 1875 yılında tavşan ve köpek beyinlerinde gözlemlenmiştir [19]. Ancak insan beyninin ürettiği elektrik sinyallerinin ölçülmesi ve kâğıda aktarılması yirminci yüzyılın başlarında gerçekleşebilmiştir. İlk olarak psikiyatrist Hans Berger tarafından 1929 yılında insan beynine ait EEG sinyalleri kâğıda aktarılmıştır [2]. EEG sinyalleri beynin doğal yapısı gereği kafatası üzerinden ölçülebilmektedir. Bu sinyallerin kaydedilmesi işlemi Elektroensefalografi olarak adlandırılmaktadır. EEG ile ölçümler saçlı kafa derisi üzerine yerleştirilen elektrotlar kullanılarak yapılmaktadır [65]. Beyin içerisinde gerçekleşen nörolojik faaliyetler sonucunda üretilen elektrik aktivitesi çok hızlı bir şekilde kafatasına iletilmektedir. Bu nedenle çeşitli uyaranlara karşılık beynin ürettiği cevap sinyal cinsinden çok hızlı bir şekilde gözlemlenebilmektedir [15]. Bu sinyaller rastgele üretilmezler genlik, zaman ve frekansta değişen kalıplara sahiptirler [65].

EEG, beynin işlevsel olarak incelenmesi için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem her yaşta sağlıklı ve hasta kişilerde kullanılabilir. Ayrıca farklı türdeki hayvanlarında beyin sinyallerinin incelenmesi için de kullanılabilir. EEG kullanmanın diğer yöntemlere göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar

çekim maliyetlerinin düşük olması, yaygın kullanıyor olması ve milisaniyeler düzeyinde zamansal çözünürlüğe sahip olması olarak verilmektedir. Dezavantajı olarak, kullanım sırasında vücudun ürettiği diğer elektrik sinyallerden etkilenmesi ve düşük alansal çözünürlüğe sahip olması verilmektedir [15]. Şekil 3.3'te EEG çekiminin örnek görseli verilmiştir.

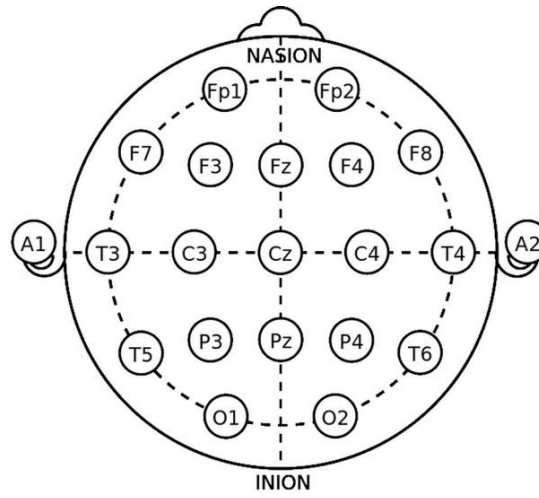


Şekil 3.3. EEG ile gerçekleştirilen deney görseli [15].

**EEG frekans bantları:** EEG sinyalleri alt frekans bantlarına ayrılarak incelenmektedir. EEG alt bantları, delta (1–4 Hz), teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz) ve gama (30 Hz'den daha büyük)'dan oluşmaktadır. Her bant beyin araştırmaları için farklı bilgiler içermektedir [66]. Farklı beyin dalgası frekanslarının ortaya çıktığı durumlar aşağıda verilmiştir [67].

- *Delta bandı (1–4 Hz):* Rüyasız uyku ve meditasyon halinde ortaya çıkmaktadır. Çoğunlukla bebeklerde ve çocuklarda görülmektedir [67].
- *Teta (4–8 Hz):* Rahatlanmış, sakinlik halinde ve duyuların kapalı olduğu uyku durumunda ortaya çıkmaktadır [67].
- *Alfa (8–12 Hz):* Sessizce düşünme durumunda ortaya çıkmaktadır ve yoğun beta dalgası ile kaybolmaktadır [67].
- *Beta (12–30 Hz):* Zihinsel aktivite, problem çözme, odaklanma ve karar verme gibi durumlarda ortaya çıkmaktadır. Zihinsel dış uyaranlara karşı aktiftir. Bilinçli yapılan tüm faaliyetler sonucu görülmektedir [67].
- *Gama (30 Hz'den daha büyük):* Bilişsel durumlarla birlikte görülmektedir. Öğrenme ve hafıza gibi süreçlerin sonucunda ortaya çıkmaktadır [67].

**EEG elektrot yerleşimi:** EEG kaydedilirken elektrotların kafatası üzerinde hangi konuma yerleştirileceği belirli kurallar ile düzenlenmektedir. Bu amaçla elektrot konumlarının belirlendiği yerleşim tabloları kullanılmaktadır. Uluslararası 10/20 elektrot yerleşim sistemi elektrotların konumlarını gösteren bir sistemdir. Bu sistemde ölçüm ve referans elektrotlarının kafatası üzerindeki konumları önceden belirlenmiştir. Uluslararası 10/20 tablosunda elektrotlar, beynin hangi anatomik bölgesinin üzerine yerleştirdiğine göre isimlendirilmektedir. Örneğin “F” harfi ile frontal lob ve “O” harfi ile oksipital lob temsil edilmektedir [61]. Şekil 3.4’te 21 elektrottan oluşan bir EEG sistemi için 10/20 sistemine göre elektrot yerleşim planı verilmiştir.



Şekil 3.4. Uluslararası 10/20 sistemine göre 21 elektrot yerleşim planı [46].

### 3.2.2. Manyetoensefalografi (MEG)

Bu yöntem beynin doğal olarak sahip olduğu manyetik alanın görüntülenmesi için kullanılmaktadır. Fonksiyonel görüntüleme tekniklerindedir. Bu cihaz kullanılarak beyinde üretilen manyetik alanlar kafa derisi üzerinden kaydedilmektedir. Boyut, maliyet ve soğutma gibi gereksinimleri nedeniyle sinirbilim araştırmalarında kullanımı EEG kadar yaygın değildir. EEG ile zamansal çözünürlüğü benzer düzeydedir. EEG’ye göre en büyük avantajı alansal çözünürlüğün daha yüksek olmasıdır [15].

### **3.2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve İşlevsel Manyetik Rezonans Görüntüleme (fMRI)**

MRI ve fMRI teknikleri vücudun yumuşak dokusunun görüntülenmesi için kullanılmaktadır. Manyetik alanın özellikleri kullanılarak görüntüleme yapılmaktadır. MRI yapısal görüntüleme yöntemi, fMRI ise fonksiyonel görüntüleme yöntemidir. fMRI yöntemi, MRI teknolojisi üzerinden geliştirilmiştir. MRI yönteminde dokularda bulunan suyun içerdiği hidrojen atomunun farklı manyetik alanlardaki değişimi incelenerek görüntüleme yapılmaktadır. fMRI ise kandaki oksijen seviyesi değişiminin manyetik etkilerini inceleyerek ölçüm yapmaktadır. Zamansal çözünürlüğü 1-4 saniye aralığında ve alansal çözünürlüğü ise 1 mm'dir [15].

### **3.2.4. Pozitron emisyon tomografi (PET)**

Pozitron emisyon tomografi (PET) yöntemi, radyoaktif olarak işaretlenmiş maddelerin uygun şekilde kan dolaşımına eklenmesi esasına dayanmaktadır. Sistem vücut içerisine dağılan işaretlenmiş atomların yoğunlaştığı dokuların görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. En sık kullanılan işaretli madde oksijen atomlarıdır. PET yöntemi fonksiyonel görüntüleme tekniklerindedir. Beyin araştırmalarında 30 saniyelik bir zamansal çözünürlüğü bulunmaktadır. Alansal çözünürlüğü 10 mm'dir [15].

## **3.3. GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMLERİNİN ÇÖZÜNÜRLÜKLERİ**

Beyin görüntüleme cihazları farklı alansal ve zamansal çözünürlüklerde dijital veriler sağlamaktadırlar. Beyin ağı araştırmalarında bu çözünürlükler ağın kapsamını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlar bulunmaktadır. Çizelge 3.1'de bazı görüntüleme tekniklerinin alansal ve zamansal çözünürlükleri, fiyatı ve uygulama durumu bilgileri verilmiştir.

**Alansal Çözünürlük:** Beyinde gerçekleşen bir aktivitenin gerçekleştiği konumun, ne kadar hassas olarak belirlendiğinin bir ölçüsüdür. fMRI yüksek alansal çözünürlüğe sahipken MEG ve EEG daha düşük alansal çözünürlüğe sahiptir [15].

**Zamansal Çözünürlük:** Çeşitli senaryolar ile insan beynine bir uyarın verildiğinde (ses, resim ve video gibi) veya fizyolojik bir olay gerçekleştiğinde ölçülen kayıtların zamansal sıklığını ifade etmektedir. EEG ve MEG gibi yöntemlerin milisaniye seviyesinde zamansal çözünürlüğü bulunmaktadır. fMRI gibi yöntemlerde ise zamansal çözünürlük birkaç saniye seviyesindedir [15].

Çizelge 3.1. Fonksiyonel görüntüleme tekniklerinin karşılaştırılması [64].

Yöntem	Alansal Çözünürlük	Zamansal Çözünürlük	Fiyat	Uygulama
fMRI	1 mm	6–10 s	Pahalı	Girişimsel olmayan (noninvazif)
PET	4 mm	1 dk	Çok Pahalı	Radyo aktif uygulama (invasif)
EEG	1 cm	1 ms	Uygun	Girişimsel olmayan (noninvazif)
MEG	1 mm	1 ms	Çok Pahalı	Girişimsel olmayan (noninvazif)

## BÖLÜM 4

### GRAF TEORİSİ VE KOMPLEKS AĞLAR

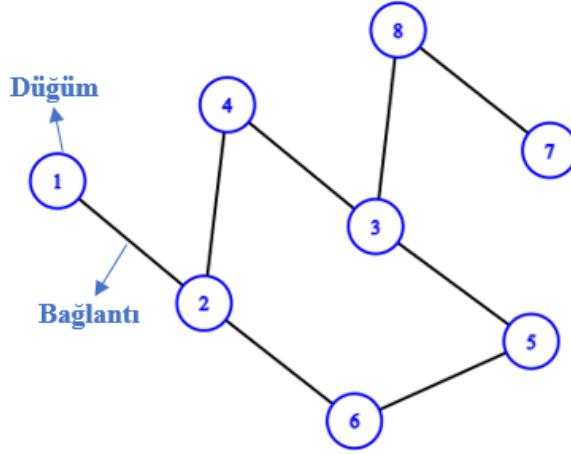
Birbirleriyle ilişkili parçalardan oluşan gerçel ve yapay sistemler graf teorisi ve kompleks ağlar kullanılarak incelenebilmektedir. Bu sistemleri oluşturan parçaların aralarındaki ilişkiler fiziksel veya sanal olabilmektedir. Sistemin içerisindeki her bir parça *düğüm*, parçalar arasındaki ilişkiler ise *bağlantı* olarak adlandırılmaktadır. Graf teorisi, ilişki içeren yapıları inceleyen bir bilim dalıdır. Matematiksel olarak,  $N$  düğümler kümesi,  $P$  ise bağlantılar kümesinden oluşmak üzere,  $G = \{P, E\}$  ifadesi bir grafi temsil etmektedir. Teorik olarak bir graf sonsuz sayıda düğüm ve bağlantı içerebilmektedir. Eğer bir graf içerisindeki düğüm sayısı  $n$  ise sahip olabileceği maksimum bağlantı sayısı  $n(n-1)/2$  kadardır [31]. Graf teorisi ilk olarak 1736 yılında İsviçreli matematikçi Leonhard Euler tarafından Königsberg Köprüsü Problemi çözümü için ortaya atılmıştır [68]. Euler tarafından oluşturulan graf çözümünde köprüler ağın bağlantılarını, köprülerin bağlandığı noktalar ise düğümleri oluşturmaktadır [1]. Euler'in graf olarak çözümlediği Königsberg Köprüsü Problemi ve köprülerin graf gösterimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Königsberg Köprüsü (A) ve graf gösterimi (B) [69].



Gerçek dünyada var olan sistemlerin graf formatına dönüştürülmesi, bu sistemlerin bir bütün olarak davranışlarının anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca graf görselleştirmeleriyle soyut kavramların daha somut bir şekilde ifade edilmesi sağlanmaktadır. Örnek bir graf çizimi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. 8 düğüm ve 8 bağlantıdan oluşan graf gösterimi.

Günümüzde graf teorisinin alt yapısı kullanılarak, büyük miktarda düğüm ve bağlantı içeren yapıların incelenmesini sağlayan kompleks ağ kavramı ortaya çıkmıştır. *Kompleks ağlar*, birbiriyle bağlantılı büyük miktarda verinin bir araya gelmesi ile oluşan graflardır. Kompleks ağlar çoğunlukla istatistiksel fizik, matematik, biyoloji ve bilgisayar bilimlerinin yoğunlaştığı multidisipliner bir alan olup matematiksel alt yapısını graf teorisinden almaktadır. Esnekliği sayesinde birbiriyle ilişkili yapıların olduğu birçok araştırma alanında kullanılabilir. Ağ yapılarını oluşturan düğüm ve bağlantıların çeşitli ağ parametreleri kullanılarak incelenmesine kompleks ağ analizi adı verilmektedir. Büyük ve geniş ölçekte bilgiyi barındıran sistemlerde ilişkili yapıların analiz edilebilmesi için ağ analizleri sıklıkla kullanılmaktadır. Büyük boyutlu ağlar genel olarak gerçek dünyada bulunan sistemlerin modellenmesi ile elde edilmektedir. Büyük boyutlu kompleks ağlara örnek olarak WWW ağı verilmektedir [31].

## 4.1. MODEL VE GERÇEL AĞLAR

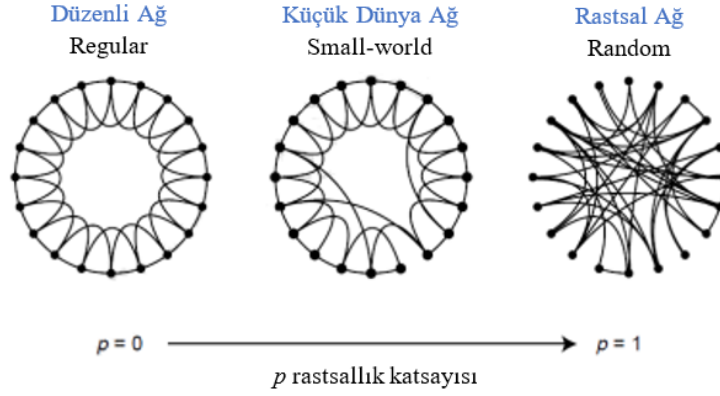
Kompleks ağlar, model ağlar ve gerçel ağlar olmak iki ana başlık altında incelenmektedir.

### 4.1.1. Model Ağlar

Düğümler arasındaki bağlantılar önceden belirlenen bağlantı prosedürleri kullanılarak yapay olarak elde edilen ağlardır. Belirli sayıdaki düğümden oluşan ağlarda çeşitli algoritmalar kullanılarak bağlantılar yapay olarak oluşturulmaktadır. Bu tür ağların sahip olacağı maksimum düğüm ve bağlantı sayısı, bağlantı protokolleri ile önceden belirlenmektedir [31]. Model ağlar genel olarak gerçek dünyada var olan sistemlerin yapısı, iç dinamikleri ve bağlantı prosedürleri gibi özelliklerinin anlaşılması ve modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Model ağların sınıflandırılmasında düğüm derece dağılımı, küçük dünya etkisi ve ölçek bağımsızlık gibi ağ parametrelerinden yararlanılmaktadır [70]. Model ağlara örnek olarak aşağıdaki ağlar verilmektedir.

- **Rastsal (Random) Ağlar:** Literatürde random veya rastsal ağlar ismi ile yer almaktadır. Bu modelde düğümler arasındaki bağlantılar rastgele belirlenmektedir. Hangi düğümler arasında bağlantı olacağı önceden bilinemez. Random ağ modelinin biraz daha geliştirilmesi ile Erdős-Rényi Model rastsal ağ modeli ortaya çıkmıştır. Bu modelde, gerçek ağlarının bağlanma parametrelerini taklit edebilmek için, rastgele bağlantı modeline “ $p$ ” olasılık parametresi eklenmiştir. “ $p$ ” olasılık değeri “0” ile “1” arasında değişmektedir. Rastsal ağlarda “ $p$ ” değeri “1” olduğunda tam bağlı graf elde edilmektedir. Bağlantı sayısı belirlenirken  $p \cdot (n \cdot (n-1) / 2)$  ifadesi kullanılmaktadır [31].
- **Küçük Dünya Ağları:** Gerçel ağların sahip olduğu yüksek kümelenme katsayısı ile kısa ortalama yol uzunluğu parametrelerine uygun olarak *küçük dünya ağları (Small-World Network)* modeli önerilmiştir. En bilinen küçük dünya ağı Watts-Strogatz model ağıdır. Bu modelde düzenli ağ ile rastsal ağ arasında yer alan küçük dünya ağını oluşturmak için mevcut bağlantılar

yeniden düzenlenmektedir. Bu düzenleme için “ $p$ ” yeniden bağlanma parametresi kullanılmakta ve “ $p$ ” değeri “0” ile “1” arasında değişmektedir. Ayrıca “ $p$ ” değeri “0” olduğunda rastsal ağ, “1” olduğunda ise düzenli graf oluşmaktadır [31]. Şekil 4.3.’te  $p$  değerinin değişimine göre Watts-Strogatz ağının değişimi verilmektedir.



Şekil 4.3.  $p$  değerine göre Watts-Strogatz ağının değişimi [58].

- **Ölçek Bağımsız Ağlar:** Gerçek dünyada bulunan ağlarda düğümler arası bağlantıların rastgele değil belirli kurallar ile bağlandığının anlaşılması, *ölçek bağımsız (scale free)* ağlar kavramını ortaya çıkarmıştır. Bu model ağ, ilk olarak Barabasi ve Albert tarafından önerilmiştir. Küçük dünya ağları ve rastsal ağlar, gerçel ağların ‘*tercihli bağlantı*’ ve ‘*büyüme*’ gibi özelliklerini modelleyememesi nedeniyle, ölçek bağımsız ağ modeli önerilmektedir. Ölçek bağımsız ağlarda derece dağılımı “*power-law*” modeline uygun olarak gerçekleşmektedir [31].

#### 4.1.2. Gerçel Ağlar

Fiziksel veya sanal olarak gerçekte dünyada var olan sistemlerin modellenmesi ile elde edilen ağlardır. Bu ağlarda düğümler ve bağlantılar arasında rastsal bağlantılar söz konusu değildir. Bu ağlar rastsal değildirler ve gerçekte dünyada bulunan çeşitli teknolojik, biyolojik ve sosyal yapıların oluşturduğu ilişki ağını göstermektedir [70]. Sistemin her birimi düğümleri, düğümler arasındaki ilişki ise bağlantıları oluşturur. Literatürde birbiriyle ilişkili hemen her yapı için gerçel ağlar türetilmiştir. Gerçel

ağlara; beyin ağları [32], bilgisayar ağları [33], bilimsel iş birliği ağları [34], kelime ağları [35], atıf ağları ve protein ağları gibi ağlar örnek olarak verilebilir [31].

## 4.2. KOMPLEKS AĞ PARAMETRELERİ

Kompleks ağlarda düğümlerin ve bağlantıların komşuluk, bağlantı sayısı, ağdaki konumları gibi özniteliklerine göre analizler yapılabilmektedir. Bu hesaplamalar ağ parametre analizleri olarak adlandırılmaktadır. Kompleks ağ parametreleri global parametreler ve lokal parametreler olmak üzere iki grup altında incelenmektedir. Global parametreler ağın tamamıyla ilgili bilgiler verirken lokal parametreler incelenen düğüm ve linkleri hakkında bilgiler vermektedir. Kompleks ağ analizlerinde pek çok parametre bulunmaktadır. Bu bölüm de beyin ağı çalışmalarında sıklıkla kullanılan temel kavramlar ve bazı parametreler verilmiştir. Bu parametrelerin detaylı matematiksel eşitlikleri ve beyin ağı analizlerinde kullanılan diğer parametreler için ilgili çalışmalara bakılabilir [28,36,38,43,71,72].

- **Düğüm (Node):** Ağı oluşturan her bir eleman düğüm olarak adlandırılır. Beyin ağlarında düğümleri nöron hücreleri veya beyin bölgeleri gibi yapılar oluşturmaktadır [1].
- **Bağlantı (Edge):** Düğümler arasındaki fiziksel veya sanal ilişkiler bağlantıları oluşturmaktadır. Beyin ağında, düğümler arasındaki yapısal veya fonksiyonel ilişkiler bağlantıları oluşturur [1]. Bağlantılar yönlü/yönsüz ve ağırlıklı/ağırlıksız olabilmektedir.
- **Komşuluk matrisi (Adjacency matrix):** Kare bir matris kullanılarak ağı oluşturan tüm düğüm çiftleri arasında, bağlantının varlığının veya yokluğunun gösterilmesidir [20]. Düğüm çiftleri arasındaki bağlantılar ağırlıklı veya binary olabilmektedir. Komşuluk matrisi, bağlantı matrisi olarak da isimlendirilmektedir. Bu matris, yönsüz ağlarda çapraz köşegen boyunca simetriktir [28,43]. Kompleks ağlar da parametre analizler için bağlantı matrisleri kullanılır.

- **Derece (Degree):** Ağ içerisinde bulunan bir düğümün diğer düğümler ile yaptığı bağlantı sayısı derece olarak adlandırılmaktadır. Yüksek dereceye sahip olanlar düğümler *hub* düğüm olarak adlandırılmaktadır. Yönlü ağlarda, gelen ve giden bağlantıların dereceleri ayrı ayrı hesaplanmaktadır [28,36,43].
- **Çap (Diameter):** Ağda bulunan düğüm çiftleri arasında hesaplanan yol uzunlukları içerisinde, iki düğüm arasındaki en uzun yolların en kısa olanı ağın çapını vermektedir [71].
- **Güç (Strength):** Ağırlıklı ağlarda düğüme bağlı olan bağlantıların ağırlıkları toplamıdır [28,43].
- **Ortalama yol uzunluğu (Average path length):** Tüm düğüm çiftleri arasında en kısa yol uzunluklarının ortalamasıdır [28,43,71].
- **Kümeleme Katsayısı (Clustering coefficient):** Bir düğümün bağlı olduğu düğümlerin birbirine ne derece bağlı olduğunun bir ölçüsüdür. Kısaca bir düğümün komşularının kendi aralarında yaptıkları komşuluğun miktarıdır [28,43].
- **Yoğunluk (Density):**  $N$  düğümden oluşan bir ağda tanımlanabilecek maksimum bağlantı sayısının ağda mevcut olan bağlantı sayısına oranıdır [42].
- **Assortativity:** Birbirine bağlı düğümlerin dereceleri arasındaki korelasyon katsayısıdır. Assortativity katsayısının pozitif olması yüksek dereceli düğümlerin birbirilerine bağlanma eğiliminde olduklarının göstergesidir [42].
- **Verimlilik (Efficiency):** Kompleks ağlarda ağın bilgi transfer yeteneğini ölçen bir parametredir. Ağın verimlilik değeri ne kadar yüksek ise bilgi transfer yeteneği de aynı oranda yüksektir. Verimlilik değeri, küresel ve lokal verimlilik olmak üzere iki türdür [73,74].

- **Küresel verimlilik (Global efficiency) :** Düğümler arasında ortalama ters en kısa yol uzunluğudur [36]. Global olarak ağın bilgi transfer hızının bir ölçüsüdür [73,74].
- **Lokal verimlilik (Local efficiency):** Ağda gerçekleşen bilgi transferinin hata ölçüsüdür [73,74].
- **Ortalama düğüm eksantrikliği (Average nodal eccentricity):** Bir düğüm ile diğer düğümler arasındaki maksimum en kısa yol uzunluğunun ortalamasıdır [36,75].
- **Yarı Çap (Radius):** Bir ağda en küçük eksantriklik değeri yarı çapı verir [36,75].
- **Geçişlilik (Transitivity) :** Ağda kümelenme katsayısının bir alternatifidir. Bu yaklaşımda ağ da bulunan küçük dereceli ve dolayısıyla önemsiz düğümler bu parametreyi etkilemez [76].

## BÖLÜM 5

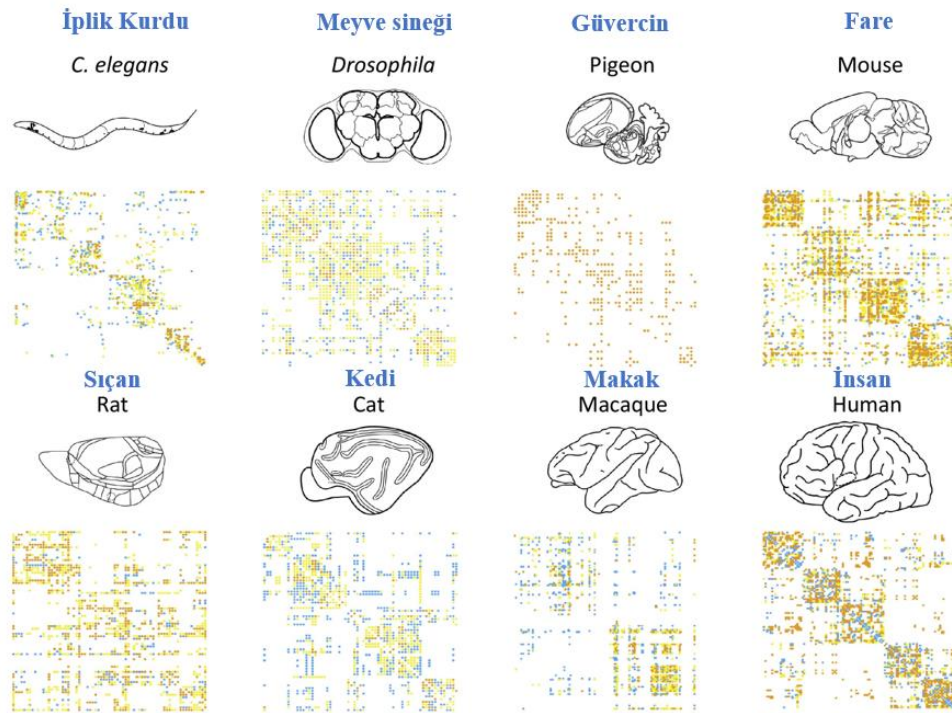
### BEYİN AĞLARI

Beyin doğası gereği ulaşılması ve incelenmesi zor bir organdır. Bu nedenle birçok özelliği henüz keşfedilememiştir. Nörogörüntüleme yöntemleri, nöronlardan beyin loblarına kadar geniş bir aralıkta, beyin anatomik ve işlevsel olarak nasıl bağlandığına dair bilgilere ulaşmayı mümkün kılmaktadır [77]. İnsan beyninin kompleks bir ağ yapısından oluştuğu bilinmektedir [18]. Bu nedenle, beyin anatomik ve işlevsel bağlantı yapısının incelenmesi için ağ bilimi temeline dayanan beyin ağları teknikleri kullanılmaktadır. Beyin ağları, çeşitli nörolojik görüntüleme teknikleri ile elde edilen verilerin düğümlerden ve bağlantılardan oluşan ağ yapısı ile ifade edilmektedir [1,29]. İnsan beyninin bağlantı matrisleri kullanılarak çeşitli çözünürlüklerde modellenmesi “*connectome*” olarak adlandırılmaktadır [3]. Connectome için, insan beyninin yapısal bağlantılarının haritası olduğu söylenebilmektedir [41]. Ayrıca hayvan beyinleri için de connectome araştırmaları yapılmaktadır [78]. Beyin ağlarında düğümler, nöronları veya beyin bölgelerini temsil etmektedir. Bağlantılar ise düğümleri oluşturan yapıların aralarındaki fiziksel veya işlevsel bağlantılardan oluşmaktadır [79].

Beyin ağları farklı alansal ve zamansal çözünürlüklerde edilebilmektedir. Düğümlerin ve bağlantıların beyin hangi özelliğini temsil ettiğine göre beyin ağının seviyesi değişmektedir [3]. Makroskobik seviyeli ağlar beyin bölgeleri arasındaki bağlantılar ile oluşurken, mikroskobik seviyeli ağlar ise nöronlar arasındaki daha küçük bağlantıların modellenmesi ile oluşmaktadır [39]. Farklı seviyelerdeki beyin ağlarının kullanımı ile beyin, mikroskobik seviyeden makroskobik seviyeye kadar tüm nörolojik mekanizmalarının incelenmesi amaçlanmaktadır [16].

Beyin ağı araştırmaları, yapısal ve işlevsel olarak insan beyni hakkında önemli bilgiler vermektedir [79]. Bu araştırmalarda, sağlıklı veya çeşitli hastalıkları olan beyinlerden alınan veriler kullanılmaktadır. Beyin ağları ve ağ parametresi analizleri, sağlıklı beyin özelliklerinin ve çeşitli hastalıkların beyinde oluşturduğu değişimlerin incelenmesinde kullanılmaktadır [30]. Sağlıklı kişiler üzerinde yapılan çalışmalara örnek olarak yabancı dil öğrenimi [12], müzik dinletisinin beyin ağı değişimine etkisi [52] ve zekâ düzeyi çalışmaları [80] verilebilir. Çeşitli hastalıkları olan beyinlerde yapılan çalışmalara, şizofreni [81], stres bozuklukları, demans [9], disleksi [55], epilepsi [10],uykusuzluk (insomnia) [56], yaşlanma (aging) [57] vb. alanlarda yapılan beyin ağı araştırmaları örnek olarak verilebilir. Ayrıca beyin ağı çalışmaları, kedi, fare, güvercin ve maymun gibi hayvan beyinleri içinde gerçekleştirilmektedir [20].

şekil 5.1’de sırasıyla solucan, meyve sineği, güvercin, fare, sıçan, kedi, makak ve insandan alınan veriler ile hazırlanan beyin ağı bağlantı matrisleri verilmiştir. Bu matrisler üzerinden hesaplanan bağlantı parametreleri ile istenilen karşılaştırma çalışmaları nicel olarak yapılabilmektedir [20].



şekil 5.1. Farklı türdeki canlılara ait connectome ağlarının görünümü [20].



## 5.1. BEYİN AĞI TÜRLERİ

Beyin ağları, kullanılan görüntüleme yöntemine (fMRI, MEG ve EEG vb.) ve seçilen bağlantı hesaplama yöntemine göre farklı özelliklerde olabilmektedir. Bu nedenle düğümler beynin farklı özelliklerini temsil edebilirken, bağlantılar ise yönlü, yönsüz, ağırlıklı ve ağırlıksız olabilmektedir [79]. Beyin ağı araştırmaları üç ana başlık altında sınıflandırılmaktadır [43].

### 5.1.1. Yapısal Beyin Ağları

Anatomik olarak birbirlerine bağlı olan nöronların veya beyin lobları arasındaki fiziksel bağlantıları kullanılarak elde edilebilmektedir. Yapısal beyin ağları, beynin doğal anatomik yapısını ağ olarak modellemektedir [43]. Yapısal beyin ağlarında, beyin bölgeleri veya nöronlar ağın düğümlerini oluştururken, sinapslar veya aksonlar arasındaki ilişkiler ise bağlantıları temsil etmektedir [42]. Yapısal beyin ağları için MRI gibi görüntüleme tekniklerinden elde edilen nörolojik kayıtlar kullanılmaktadır [82]. Yapısal görüntüleme yöntemlerinin kullanılmasıyla alansal olarak milimetrik çözünürlükte yapısal beyin ağları oluşturulabilmektedir [41].

### 5.1.2. Fonksiyonel Beyin Ağları

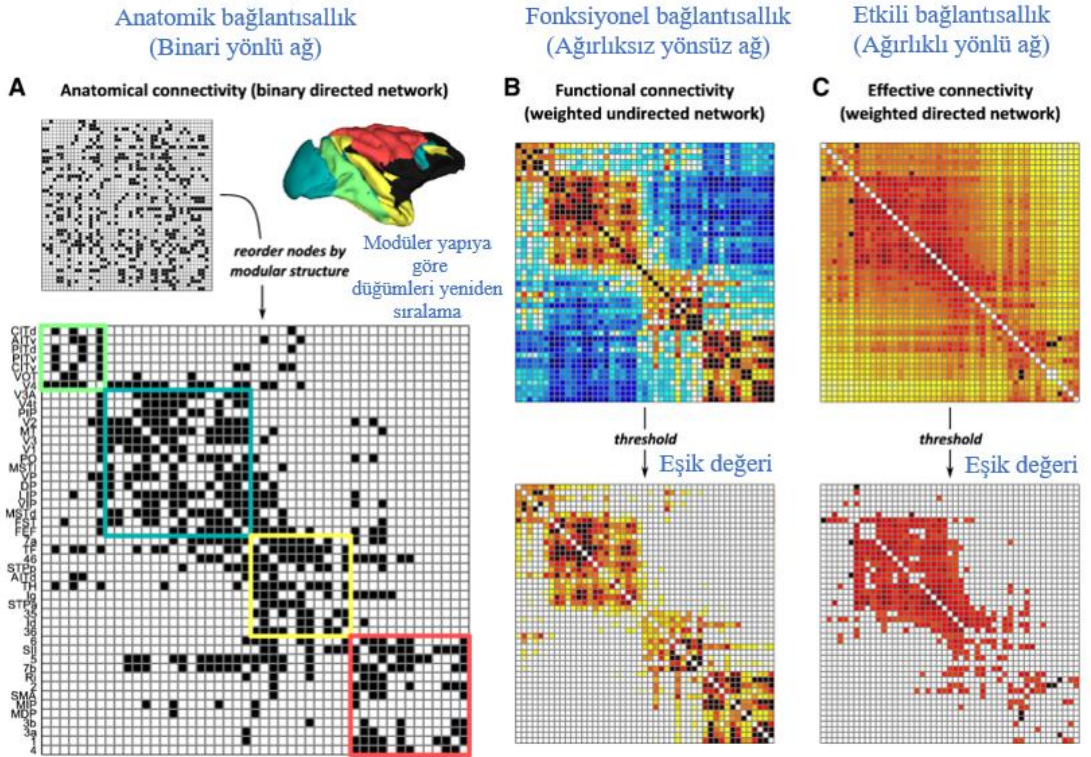
Bu yöntem ile beyin bölgeleri arasındaki işlevsel sistemler ağ formunda modellenmeye çalışılmaktadır. Fonksiyonel beyin ağlarında, beynin bölgeleri arasındaki nörofizyolojik senkronizasyonun tanımlandığı fonksiyonel bağlantılar kullanılmaktadır [42]. Fonksiyonel bağlantı nörolojik olaylar arasındaki istatistiksel bir ölçü olarak tanımlanmaktadır. Düğümler arasında bağlantıların tanımlanması için zaman serilerinin korelasyonu kullanılmaktadır [6]. Fonksiyonel beyin ağları zamanla değişen ağlardır. Bu nedenle zamansal çözünürlük bu ağ modeli için önemli bir parametredir. Bu ağlar nörolojik kayıtların alındığı zaman dilimi için bilgi barındırmaktadırlar [43]. Fonksiyonel beyin ağları için EEG, fMRI ve MEG gibi teknikler ile sağlanan zaman serileri formunda olan veriler kullanılmaktadır. Kullanılan görüntüleme ve bağlantı tahmin yöntemine göre düğümlerin ve bağlantıların temsil ettikleri özellikler değişebilmektedir. Düğümler arasında

bağlantıları oluşturmak için genellikle istatistiksel bağlantı tahmin yöntemleri kullanılmaktadır [44].

### 5.1.3. Efektif Beyin Ağları

Efektif beyin ağları, nöral birimler arasındaki yönlü bağlantıları tanımlamak için kullanılır. Bu tür ağ modelinde yapısal ve fonksiyonel beyin ağlarından farklı olarak sinirsel ögeler arasındaki nedensel etkilerin modellenmesi amaçlanmaktadır. Efektif bağlantı dinamik olarak değişmektedir. Bu nedenle fonksiyonel beyin ağları gibi zaman domaininde elde edilmektedir [6,43].

Şekil 5.2’de Yapısal beyin ağı (A), Fonksiyonel beyin ağı (B) ve Efektif beyin ağı (C) bağlantı matrisleri ve eşik değerleri uygulandıktan sonra yeni elde edilen bağlantı matrisi görselleri verilmiştir [36].



Şekil 5.2 Anatomik bağlantısallık (A), Fonksiyonel bağlantısallık (B) ve Efektif bağlantısallık (C) [36].

## 5.2. BEYİN AĞLARININ OLUŞTURULMASI İÇİN İŞLEM BASAMAKLARI

Beyin ağları, *dinlenme durumu* ve *bilişsel süreçler* gibi farklı durumlar altında alınan veriler kullanılarak elde edilebilmektedir.

**Dinlenme durumu:** Kişinin uyanık, bilincinin açık ve uyaranlara cevap verebildiği, ancak özel bir bilişsel veya davranışsal göreve katılmadan beklediği bilişsel bir durum halidir [42]. Deneklerden dinlenme durumu verileri fMRI ve EEG gibi yöntemler kullanılarak alınabilmektedir [16,27].

**Bilişsel süreçler:** Kişilere bilişsel süreçlerin incelenmesi amacıyla çeşitli görevler veya uyaranlar verilmektedir. Bu görevlerin gerçekleştirildiği sırada kayıtlar alınmaktadır. Çeşitli görevler altında fonksiyonel beyin ağı incelenmesi, dinlenme durumundan bilişsel göreve geçişle birlikte beyin topolojisinde olan değişimlerin gözlemlenmesi için önemlidir [57]. Fonksiyonel beyin ağlarında bilişsel görevlere örnek olarak, koku tanıma [83], matematiksel işlemler [27], resim tanıma ve yazı okuma gibi süreçler verilmektedir.

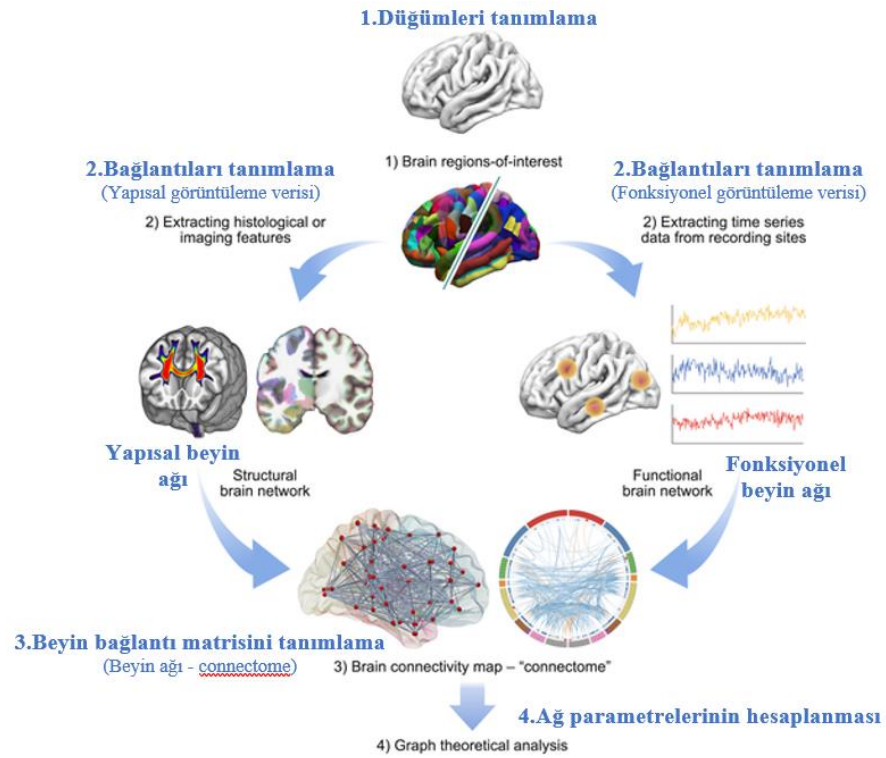
Beyin ağlarının doğru bir şekilde oluşturulması için dört işlem aşamasının sırasıyla uygulanması gerekmektedir. Bu işlem adımları sırasıyla şunlardır [42].

1. **Düğümün belirlenmesi:** Kullanılan görüntüleme tekniğine göre düğümlerin belirlenmesi gerekmektedir. EEG ve MEG tekniklerinde elektrotlar düğümleri oluştururken, MRI uygulamalarında beynin anatomik bölgeleri ağı oluşturan düğümleri temsil etmektedir [42].
2. **Düğümler arası bağlantıların hesaplanması:** Kullanılan görüntüleme yöntemine uygun olarak bağlantı oluşturma yöntemlerinden birisi kullanılarak düğümler arası karşılıklı bağlantı değerleri hesaplanmaktadır. Bu bağlantılar ağırlıklı, ağırlıksız, yönlü veya yönsüz olabilmektedir [42].

3. **Komşuluk matrisinin hesaplanması:** Bir önceki aşamada hesaplanan düğümler arası bağlantı değerleri bir araya getirilerek bağlantı matrisleri oluşturmaktadır [42].
4. **Ağ parametrelerinin hesaplanması:** Bağlantı matrisi kullanılarak beyin ağı parametreleri bu adımda hesaplanmaktadır [42]. Ağ bilimi içerisinde biyolojik bilgiler ile uyumlu olarak çok sayıda parametre vardır [36]. Kullanılan veri ile uyumlu istenilen parametreler hesaplanabilmektedir.

Sırası ile işlem basamakları tamamlandıktan sonra elde edilen bulgular yorumlanabilmektedir. Ağ görselleştirmesi, istatistiksel analizler ve null-model karşılaştırmaları gibi uygulamalar dört aşama tamamlandıktan sonra yapılabilmektedir.

Şekil 5.3'te beyin ağlarının oluşturulması için uygulanan işlem basamakları verilmiştir. Beyin ağlarının oluşturulmasından kompleks ağ analizlerinin gerçekleştirilmesine kadar olan süreç görsel olarak verilmiştir.



Şekil 5.3. Beyin ağlarının oluşturulması için uygulanan işlem basamakları [23].

### 5.3. BEYİN AĞLARI İLE İLGİLİ ARAÇLAR

Beyin ağları çalışmalarında bağlantı tahmini ve ağ görselleştirilmesi amacıyla kullanılan yardımcı araçlar ve gürültü içeren bağlantıların eşik değeri ile temizlenmesi hakkında temel bilgiler aşağıda verilmiştir.

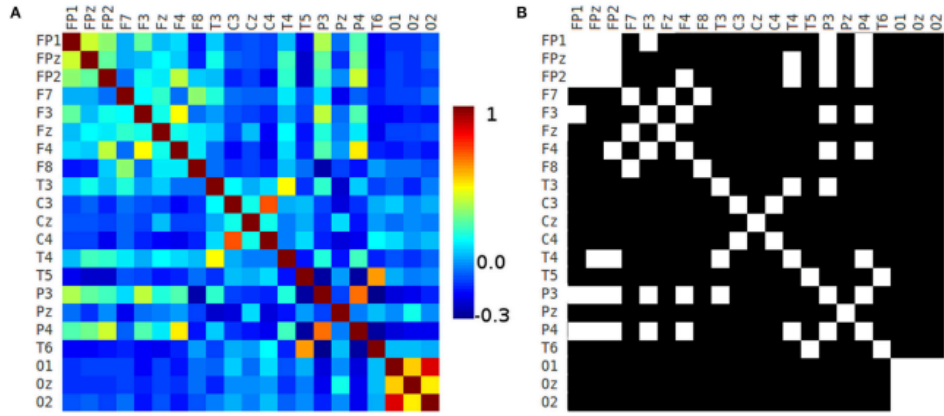
#### 5.3.1. Beyin Ağlarında Eşik Değeri Uygulaması

Beyin ağları normalde seyrek ve tam bağlı olmayan ağlardır. Ancak beyin ağlarını oluşturmak için kullanılan teknikler, düğümler arasındaki bağlantıları sürekli sinyaller üzerinden hesaplamaktadır. Bu durum düğümler arasında gerçekte var olmayan gürültü olarak adlandırılan bağlantıların oluşmasına neden olmaktadır [1]. Bu gürültü içeren bağlantılar ağın seyrek yapısını bozarak tam bağlı bir graf oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle fonksiyonel beyin ağlarının bağlantı matrisleri zaman serilerinden elde edildiğinden, köşegen değerleri dışında matrisin her bir elemanı sıfır olmayan ağırlıkta bir bağlantı değeri içermektedir. Gürültü değerlerinin bastırılması için bağlantı matrisine bir eşik değeri uygulanarak ağ gürültüden arındırılmaktadır.  $A_{ij}$  bağlantı matrisi,  $C_{ij}$  her bir bağlantı değeri ve “ $\tau$ ” eşik değeri olmak üzere Eşitlik 5.1 gürültü değerlerinin temizlenmesi için kullanılmaktadır [28].

Literatürde eşik işlemi için farklı yöntemler önerilmiştir [84]. Ancak Eşitlik 5.1’de verilen yöntem standart gürültü temizleme yöntemidir [85]. Beyin ağları için önerilen kesin bir eşik değeri yoktur. Bu nedenle beyin ağı çalışmalarında bir dizi eşik değerinin adım adım artırılarak uygulanması gerekmektedir [18]. Beyin ağının her bir eşik değeri için değişimi gözlemlenerek uygun eşik değeri seçilmektedir.

$$A_{ij} = \begin{cases} C_{ij} & \text{if } C_{ij} > \tau, \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (5.1)$$

Şekil 5.4. EEG kullanılarak elde edilen fonksiyonel beyin ağı bağlantı matrisi (A) ve bu bağlantı matrisine eşik değeri uygulandıktan sonra oluşan yeni bağlantı matrisinin görünümü (B) verilmiştir [46].



Şekil 5.4. Beyin ağı bağlantı matrisi (A), Bağlantı matrisinin eşik değeri uygulanmış görünümü (B) [46].

### 5.3.2. Beyin Ağları Oluşturmak İçin Kullanılan Araçlar

Literatürde beyin araştırmalarında bağlantı hesaplamaları için geliştirilmiş yazılımlar mevcuttur. Bu araçlar EEG, fMRI veya MEG gibi teknikler ile elde edilen biyolojik verinin beyin ağına dönüştürülmesinde çeşitli kolaylıklar sağlamaktadırlar. Bu yazılımların birbirlerine göre zayıf ve güçlü yönleri bulunmaktadır. Genel olarak Matlab, Phyton ve Java gibi platformlar da hazırlanmakta ve açık kaynak kodlu olarak sunulmaktadır. Bu araçlara örnek olarak, Hermes [44,86] , BCT [36,38] , Eegnet [87], Gretna [88], Sift [89], Graphvar [90], eConnectome [91] ve Connectome Viewer [40] gibi yazılımlar verilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında EEG alt bantları için analiz yapılmasına olanak sağlayan Hermes [44,86] yazılımı kullanılmıştır.

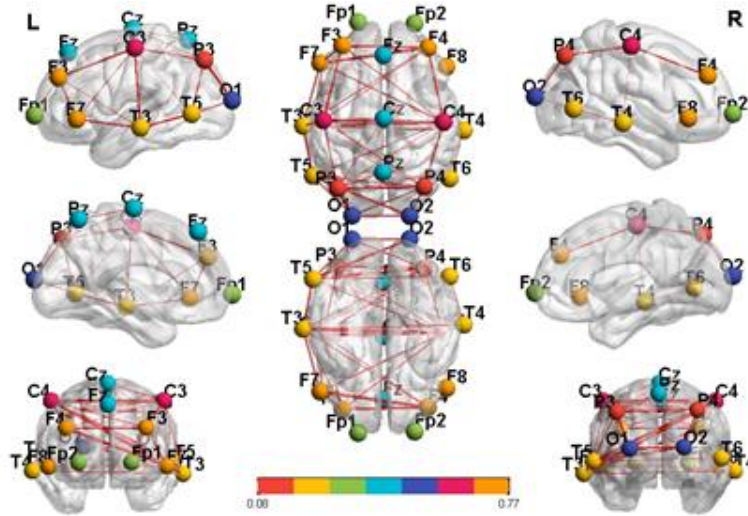
### 5.3.3. Beyin Ağlarının Görselleştirilmesi

Bir ağın sahip olduğu tüm veriler komşuluk matrisleri içerisinde saklanmaktadır ancak matrislerin görsel olarak incelenmesi zordur. Bu nedenle kompleks ağların daha anlaşılır hale getirilmesi amacıyla ağ görselleştirilmelerinden yararlanılmaktadır [18]. Ağlar görselleştirilerek ağ parametrelerinin daha kolay incelenebilmesi sağlanmaktadır. Beyin ağı görsellerinde, beynin çeşitli kesitlerindeki görünümü üzerine düğümler ve bağlantılar çizdirilerek görselleştirme işlemleri yapılmaktadır. Bu görselleştirmeler, “connectome” yapısının bağlantı matrisleri ile gösterimine göre daha anlaşılır olmasını sağlamaktadır [92]. Beyin ağlarının görselleştirilmesine

“Connectogram” adı verilmektedir [62]. Bu görüntüler kullanılarak zaman ve uzamsal boyutta beyinde gerçekleşen aktivitenin modellenmesi amaçlanmaktadır [40].

Literatürde beyin ağlarının görselleştirilmesi için çeşitli yardımcı araçlar önerilmiştir. EEG, fMRI ve MEG gibi nörolojik görüntüleme yöntemine uygun olan görselleştirme yazılımları kullanılmaktadır. Bu araçlar genel olarak belirli bir nörolojik görüntüleme yöntemi ile elde edilen verileri görselleştirmek için tasarlanmıştır, ancak birden fazla yöntemi destekleyen yazılımlar da vardır. Bazı yazılımlar bağlantı matrislerinin oluşturulması, parametre analizleri ve görselleştirme işlemlerini birlikte yapabilmektedirler. Bu araçlara örnek olarak BrainNetViewer [93], eConnectome [91], Bascoa [94] ve Connectome Viewer [40] verilmektedir. Bu tez çalışmasında elde ettiğimiz verilere uygun olması nedeniyle görselleştirme aracı olarak BrainNetViewer [93] kullanılmıştır.

Şekil 5.5’te beyin farklı kesitleri üzerinde çizdirilen fonksiyonel beyin ağı görselleri verilmiştir.



Şekil 5.5. Beynin farklı görünüşleri üzerinde beyin ağının görünümü.

#### 5.4. BAĞLANTI TAHMİN YÖNTEMLERİ

EEG sinyallerinin beyinle ilgili birçok bilgiyi içerdiği bilinmektedir. Ancak elektrotlar ile alınan standart bir EEG sinyali sadece nöronların ürettiği elektrik alanının varlığını gösterir. EEG sinyalleri tek başına beyinin işleyişini açıklayamaz [65]. Bu sinyallerin çeşitli işlemlerden geçirilerek sinirbilim araştırmacıları tarafından

yorumlanabilir veri haline getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle beyin ağı araştırmalarında, zaman serileri formatında kaydedilen EEG sinyalleri bağlantı tahmin yöntemleri kullanılarak bağlantı matrislerine dönüştürülmektedir [30].

EEG sinyalleri kullanılarak fonksiyonel beyin ağı bağlantı matrislerinin elde edilmesi için literatürde çok sayıda yöntem önerilmektedir. Bu yöntemlerin birçoğu, düğüm çiftleri arasındaki istatistiksel korelasyonları kullanarak karşılıklı elektrotlar arasında bağlantı tahmini yapmaktadır. Üretilen beyin ağları yönlü/yönsüz ve ağırlıklı/ağırlıksız gibi farklı ağ tiplerinde olabilirler. Bağlantı tahmin yöntemleri, klasik teknikler, faz senkronizasyon teknikleri ve granger causality teknikleri gibi alt başlıklar altında incelenmektedir. Bağlantı tahmini tekniklerine örnek olarak PLV, PLI, COH vb. yöntemler verilebilir [44].

Bu bölüm de tez çalışması kapsamında fonksiyonel beyin ağı bağlantı matrislerini oluşturmak için kullanılan “Coherence - Uyum (COH)” ve “Phase Locking Value - Faz Kilitleme Değeri (PLV)” yöntemleri açıklanmıştır. Bu yöntemler veri setimizde bulunan EEG kayıtları ile uyumlu sonuçlar verdiği için tercih edilmiştir. Diğer yöntemlere ilişkin detaylar [44]’de incelenebilir.

#### 5.4.1 Coherence (COH-Uyum, Tutarlılık)

Coherence (COH) yöntemi ile  $f$  frekansın bir fonksiyonu,  $x(t)$  ve  $y(t)$  iki farklı sinyal olmak üzere, zaman serisi formundaki iki sinyalin arasındaki doğrusal korelasyonun bir ölçüsüdür.  $S_{xx}(f)$  ve  $S_{yy}(f)$  değerleri, her bir sinyalin ayrı ayrı güç spektral yoğunluğu (power spectral density) değeridir.  $S_{xy}(f)$  değeri ise, iki sinyalin birlikte hesaplanan güç spektral yoğunluğunun değeridir. COH katsayısı  $x(t)$  ve  $y(t)$ ’nin arasındaki güç spektral  $S_{xy}(f)$  değerinin karesinin,  $x(t)$  ve  $y(t)$ ’nin ayrı ayrı hesaplanan güç spektral yoğunluklarının çarpımına eşittir. İki sinyal çifti arasındaki COH katsayısı “0” ile “1” arasında sınırlandırılmış ve normalize edilmiş bir değerdir. Bu yöntem ile ağırlıklı ve yönsüz bir graf elde edilmektedir. Matematiksel formülü Eşitlik 5.2’de verilmiştir [44].

$$COH_{xy}(f) = \frac{|S_{xy}(f)|^2}{S_{xx}(f)S_{yy}(f)} \quad (5.2.)$$



Bu yöntemle karşılıklı her bir elektrot çifti için COH katsayısı hesaplanmaktadır. Hesaplanan katsayı, iki düğüm arasındaki bağlantının ağırlığını vermektedir. Çizelge 5.1’de 19 kanallı EEG için hesaplanan örnek bir fonksiyonel beyin ağı komşuluk matrisi verilmiştir. Her bir sütün ve satır bir elektrotu, satır ve sütunların kesişimi ise bağlantının ağırlığını temsil eden COH katsayısını göstermektedir.

Çizelge 5.1. Tüm gönüllülerin bilişsel görev durumunda beta bandı için coherence yöntemi ile hesaplanan bağlantı matrisi.

	Fp1	Fp2	F3	F4	F7	F8	T7	T8	C3	C4	P7	P8	P3	P4	O1	O2	Pz	Cz	Pz
Fp1	1	0,39	0,53	0,54	0,47	0,38	0,28	0,32	0,35	0,34	0,28	0,20	0,20	0,21	0,20	0,19	0,17	0,17	0,16
Fp2	0,39	1	0,28	0,40	0,49	0,52	0,53	0,22	0,29	0,34	0,34	0,28	0,17	0,19	0,20	0,21	0,19	0,16	0,17
F3	0,53	0,28	1	0,53	0,40	0,32	0,23	0,41	0,39	0,33	0,27	0,20	0,24	0,23	0,21	0,20	0,17	0,17	0,17
F4	0,54	0,40	0,53	1	0,72	0,56	0,33	0,46	0,62	0,59	0,46	0,27	0,25	0,31	0,30	0,27	0,19	0,20	0,19
F7	0,47	0,49	0,40	0,72	1	0,73	0,42	0,35	0,55	0,65	0,55	0,33	0,21	0,28	0,30	0,29	0,21	0,19	0,19
F8	0,38	0,52	0,32	0,56	0,73	1	0,53	0,30	0,46	0,58	0,59	0,42	0,19	0,25	0,29	0,30	0,23	0,18	0,19
T7	0,28	0,53	0,23	0,33	0,42	0,53	1	0,20	0,27	0,34	0,37	0,36	0,16	0,19	0,20	0,23	0,22	0,16	0,17
T8	0,32	0,22	0,41	0,46	0,35	0,30	0,20	1	0,62	0,43	0,33	0,21	0,54	0,51	0,38	0,28	0,18	0,31	0,23
C3	0,35	0,29	0,39	0,62	0,55	0,46	0,27	0,62	1	0,74	0,56	0,30	0,40	0,57	0,52	0,42	0,22	0,33	0,28
C4	0,34	0,34	0,33	0,59	0,65	0,58	0,34	0,43	0,74	1	0,75	0,40	0,28	0,46	0,54	0,50	0,27	0,29	0,29
P7	0,28	0,34	0,27	0,46	0,55	0,59	0,37	0,33	0,56	0,75	1	0,56	0,23	0,39	0,51	0,57	0,36	0,28	0,32
P8	0,20	0,28	0,20	0,27	0,33	0,42	0,36	0,21	0,30	0,40	0,56	1	0,18	0,25	0,33	0,45	0,49	0,21	0,28
P3	0,20	0,17	0,24	0,25	0,21	0,19	0,16	0,54	0,40	0,28	0,23	0,18	1	0,54	0,37	0,27	0,17	0,44	0,27
P4	0,21	0,19	0,23	0,31	0,28	0,25	0,19	0,51	0,57	0,46	0,39	0,25	0,54	1	0,67	0,49	0,23	0,63	0,44
O1	0,20	0,20	0,21	0,30	0,30	0,29	0,20	0,38	0,52	0,54	0,51	0,33	0,37	0,67	1	0,70	0,32	0,60	0,58
O2	0,19	0,21	0,20	0,27	0,29	0,30	0,23	0,28	0,42	0,50	0,57	0,45	0,27	0,49	0,70	1	0,49	0,48	0,65
Pz	0,17	0,19	0,17	0,19	0,21	0,23	0,22	0,18	0,22	0,27	0,36	0,49	0,17	0,23	0,32	0,49	1	0,25	0,41
Cz	0,17	0,16	0,17	0,20	0,19	0,18	0,16	0,31	0,33	0,29	0,28	0,21	0,44	0,63	0,60	0,48	0,25	1	0,62
Pz	0,16	0,17	0,17	0,19	0,19	0,19	0,17	0,23	0,28	0,29	0,32	0,28	0,27	0,44	0,58	0,65	0,41	0,62	1

#### 5.4.2. Phase Locking Value (PLV, Faz Kilitleme Değeri)

İki EEG sinyal çifti arasındaki faz ilişkisini incelemek üzere önerilen bir yöntemdir. Bağlantı tahmininde en çok kullanılan faz temelli yöntemlerden birisidir [95]. PLV yöntemi, iki sinyal arasındaki bağıl faz farkının incelenmesine dayanmaktadır. Bu yöntemde iki elektrot çifti ile kaydedilen sinyallerin faz farklarının birim çemberde dağılımı araştırılmaktadır. Eğer  $x(t)$  ve  $y(t)$  olarak adlandırılan iki sinyal arasında yüksek senkronizasyon var ise, PLV değeri 1’e yaklaşır. Diğer durumda iki sinyal arasındaki senkronizasyon azaldıkça PLV değeri 0’a yaklaşır. PLV değeri “0” ile “1” arasında değişmektedir. PLV katsayısı,  $n$  deneme sayısını ve  $\varphi$  ise,  $t$  zamanında  $n$  sayılı deneme için iki sinyal arasındaki faz farkını göstermek üzere, tüm denemeler sonucunda elde edilen değerlerin ortalaması alınarak Eşitlik 5.3’teki gibi hesaplanmaktadır [44,96].

$$PLV = \left| \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N e^{i\Delta\varphi_{rel}(t_n)} \right| = \sqrt{\cos^2\Delta\varphi_{rel}(t) + \sin^2\Delta\varphi_{rel}(t)} \quad (5.3)$$

Çizelge 5.2’te 19 kanallı EEG için hesaplanan örnek bir fonksiyonel beyin ağı komşuluk matrisi verilmiştir. Her bir sütun ve satır bir elektrotu, satır ve sütunların kesişimi ise bağlantının ağırlığını temsil eden PLV katsayısını göstermektedir.

Çizelge 5.2. Tüm gönüllülerin görev performansı sırasında beta bandı için PLV yöntemi ile hesaplanan bağlantı matrisi.

	Fp1	Fp2	F3	F4	F7	F8	T7	T8	C3	C4	P7	P8	P3	P4	O1	O2	Pz	Cz	Pz
Fp1	1	0,47	0,60	0,60	0,54	0,45	0,35	0,38	0,42	0,41	0,34	0,21	0,21	0,22	0,22	0,19	0,14	0,14	0,14
Fp2	0,47	1	0,35	0,48	0,56	0,59	0,60	0,25	0,35	0,42	0,40	0,34	0,14	0,19	0,21	0,22	0,18	0,14	0,14
F3	0,60	0,35	1	0,60	0,48	0,39	0,27	0,48	0,46	0,41	0,32	0,19	0,28	0,27	0,24	0,20	0,14	0,15	0,14
F4	0,60	0,48	0,60	1	0,75	0,62	0,40	0,52	0,66	0,64	0,52	0,31	0,29	0,36	0,35	0,31	0,18	0,21	0,19
F7	0,54	0,56	0,48	0,75	1	0,75	0,50	0,41	0,60	0,69	0,60	0,39	0,23	0,32	0,35	0,34	0,21	0,19	0,20
F8	0,45	0,59	0,39	0,62	0,75	1	0,60	0,35	0,52	0,63	0,63	0,48	0,19	0,29	0,34	0,36	0,25	0,18	0,20
T7	0,35	0,60	0,27	0,40	0,50	0,60	1	0,21	0,32	0,41	0,44	0,42	0,13	0,18	0,22	0,25	0,24	0,14	0,15
T8	0,38	0,25	0,48	0,52	0,41	0,35	0,21	1	0,66	0,50	0,39	0,22	0,60	0,57	0,45	0,33	0,16	0,37	0,25
C3	0,42	0,35	0,46	0,66	0,60	0,52	0,32	0,66	1	0,76	0,60	0,36	0,47	0,60	0,57	0,47	0,24	0,38	0,33
C4	0,41	0,42	0,41	0,64	0,69	0,63	0,41	0,50	0,76	1	0,76	0,47	0,33	0,52	0,59	0,55	0,31	0,33	0,34
P7	0,34	0,40	0,32	0,52	0,60	0,63	0,44	0,39	0,60	0,76	1	0,62	0,26	0,45	0,57	0,62	0,43	0,32	0,38
P8	0,21	0,34	0,19	0,31	0,39	0,48	0,42	0,22	0,36	0,47	0,62	1	0,16	0,29	0,40	0,53	0,55	0,23	0,33
P3	0,21	0,14	0,28	0,29	0,23	0,19	0,13	0,60	0,47	0,33	0,26	0,16	1	0,61	0,44	0,32	0,15	0,51	0,32
P4	0,22	0,19	0,27	0,36	0,32	0,29	0,18	0,57	0,60	0,52	0,45	0,29	0,61	1	0,71	0,56	0,26	0,67	0,51
O1	0,22	0,21	0,24	0,35	0,35	0,34	0,22	0,45	0,57	0,59	0,57	0,40	0,44	0,71	1	0,74	0,38	0,65	0,63
O2	0,19	0,22	0,20	0,31	0,34	0,36	0,25	0,33	0,47	0,55	0,62	0,53	0,32	0,56	0,74	1	0,57	0,55	0,70
Pz	0,14	0,18	0,14	0,18	0,21	0,25	0,24	0,16	0,24	0,31	0,43	0,55	0,15	0,26	0,38	0,57	1	0,30	0,49
Cz	0,14	0,14	0,15	0,21	0,19	0,18	0,14	0,37	0,38	0,33	0,32	0,23	0,51	0,67	0,65	0,55	0,30	1	0,67
Pz	0,14	0,14	0,14	0,19	0,20	0,20	0,15	0,25	0,33	0,34	0,38	0,33	0,32	0,51	0,63	0,70	0,49	0,67	1

## 5.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Beyin ağı çalışmalarıyla gruplarının farklı durumları için beyin dinamiklerinin değişiminin araştırılması amaçlanmaktadır. Bu tür çalışmalarda belirli bir koşul altında farklı gönüllü gruplarından alınan ağ parametrelerinin değişiminin incelenebildiği gibi aynı gönüllü grubuna farklı uyaranlar da verilerek de beyin ağı değişimi araştırılmaktadır. Hasta ve kontrol grupları arasında yapılan beyin ağları araştırmaları da bu kapsamdadır. Bu gruplar içerisinde aynı seviyede olan beyin ağı parametreleri nicel olarak birbirleriyle kıyaslanabilmektedir [39]. Ancak nicel çıkarımların yapılabilmesi için geçerlilik, güvenilirlik ve anlamlılık testleri kullanılarak, farklı beyin ağları arasında istatistiksel olarak anlamlı farkların olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Literatürde farklı veri türleri için önerilen ve beyin araştırmalarında kullanılan birçok istatistiksel analiz yöntemi yöntem bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında elde ettiğimiz verilere uygunluğu dolayısıyla bağımlı ve bağımsız t-testi ve türevleri kullanılmıştır.

### 5.5.1. Bağımlı ve Bağımsız Değişken Testleri

T-testi ve türevleri istatistiksel analizin hipotez testi alanında yer almaktadır. Belirli bir durum hakkında varsayımlarda bulunmak için hipotezler kullanılmaktadır. Bu varsayımlar henüz doğruluğu kabul edilmemiş önermelerdir. Varsayımlara örnek olarak, “*Dinlenme durumu Beta bandı için kadın ve erkek fonksiyonel beyin ağı parametreleri arasında fark vardır ifadesi*” verilebilir. Bir varsayımın deneysel veriler kullanılarak kabul veya reddedilmesi için hipotezler kullanılmaktadır. Bir durumun incelenmesi için  $H_0$  null hipotez ve  $H_1$  alternatif hipotez olmak üzere iki adet hipotez önerilmektedir. Hipotezler aşağıda verildiği gibi isimlendirilmektedir [97].

$H_0$ =İki deney grubu arasında fark yoktur.

$H_1$ =İki deney grubu arasında fark vardır.

- **Bağımsız t-Testi:** Bağımsız iki grubun verileri arasında anlamlılık testi yapılması için kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanılabilmesi için verilerin parametrik olarak dağılması gerekmektedir. Bağımsız grup ifadesi birbirleriyle herhangi bir ilişkisi olmayan veya verilerin alınması esnasında birbirleriyle etkileşim halinde olmayan deney çalışmalarını ifade etmektedir. Örnek olarak bilişsel görevler sırasında beyin ağı parametrelerinin değişiminin erkekler ve kadınlar arasında anlamlı bir farkı içerip içermediği verilebilir. Bu yöntem ile  $p < 0,05$  şartının sağlandığı durumlarda iki grup arasında anlamlı bir fark olduğu kabul edilmektedir [97].
- **Mann–Whitney U Testi:** Bağımsız t-testi ile aynı kullanım amaçlarına sahiptir. Mann-Whitney U Testi non-parametrik bir testtir. Bağımsız t-testinin ön şartı olan verilerin parametrik dağılması şartını sağlamayan veri grupları için kullanılmaktadır [97].
- **Bağımlı t-Testi:** Bağımlı iki değişken grubu arasında anlamlı bir fark olup olmadığını araştırmak için bağımlı t-testi kullanılmaktadır. İki değişken grubuna uygulanabilmesi için verilerin parametrik olarak dağılması gerekmektedir. Hipotezi doğrulamak için  $p < 0,05$  eşiği seçilmektedir. Bağımlı

değişken ifadesi birbirleriyle etkileşim içinde olan deney gruplarını ifade etmektedir. Öncesi ve sonrası analizlerinde sıklıkla kullanılmaktadır [97]. Bu teste örnek olarak, kadınlar için dinlenme ve bilişsel görev durumunda elde edilen beyin ağı verilerinin karşılaştırılması verilebilir.

- **Wilcoxon Signed-Rank Test:** Bağımlı t-testi ile aynı amaç için kullanılmaktadır. Bağımlı değişken grupları için verilerin normal dağılmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Non-parametrik bir test yöntemidir [97].

### 5.5.2. Null-Model Test

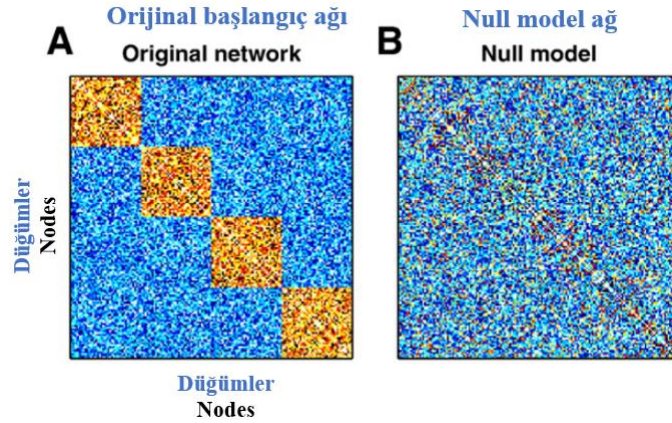
Standart istatistiksel testlerden farklı olarak ağ domaininde uygulanan bir yöntemdir. Beyin ağları kullanılarak hesaplanan ağ parametrelerinin normal olarak mı yoksa rastgele mi değerler aldığı incelenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Null-model ağlarda incelenmek istenilen ağ başlangıç değeri olarak kullanılmaktadır. Başlangıç ağı kullanılarak istenilen sayıda yeni null-model ağ türetilmektedir. Esasında null-model ağlar, orijinal ağın belirli özellikleri korunan ve diğer parametreleri yeniden türetilen bir versiyondur [1].

Null-model ağlar rastgele değişen parametreler ile belirli bir düzenle değişen parametrelerin ayırt edilmesini sağlamaktadır. Ancak null-model analizlerin kullanılabilmesi için ağ parametre değerlerinin ağın büyüklüğü ve yoğunluğu gibi özelliklerden etkilendiğinin göz önüne alınması gerekmektedir. Ortalama yol uzunluğu değeri “5” olan bir ağ için, bu değer uzun mu, kısa mı yoksa normal bir değer mi olduğuna karar verilmesi gerekmektedir. Ortalama yol uzunluğunun “5” olması, 1000 düğüm içeren bir ağ ile 10 düğüm içeren bir ağ için farklı anlamlar taşımaktadır [28]. Bu nedenle kompleks ağlarda bir ağ parametresinin ham değerine bakarak çıkarım ve yorum yapmak önerilmemektedir. Sorunun çözümü için null-model ağlar kullanılmaktadır [1].

Literatürde çok sayıda null-model üretme algoritması bulunmaktadır. Örnek olarak, ‘*generative null model*’ ve ‘*random model*’ ağ üretme yöntemleri verilmektedir. Generative null model, rastsal olmayan kurallar ile ağa yeni düğümler ve bağlantılar

eklenmesi yöntemiyle ağın boyutunun artırılması esasına dayanmaktadır. Random ağlar ise, rastsal olarak belirli bir bağlanma prensibine göre ağın büyütülmesi esasına dayanmaktadır [28]. Bunlardan başlangıç ağının yönlü-yönsüz ve ağırlıklı-ağırlıksız olmasına göre uygun bir model seçilerek kullanılabilir.

Random null-model ağlar, derece değerleri korunan ve bağlantıları rastgele oluşturulan rastsal bir ağ modelidir. Bu model için düğüm dereceleri, bağlantıların ağırlıkları ve bağlantı güçlerinin korunduğu modeller de literatürde önerilmektedir [4]. Hangi null-model ağın seçileceği tanımlayıcı istatistiklerin doğru hesaplanması açısından önemlidir [79]. Bu çalışmada elde edilen fonksiyonel beyin ağ parametrelerine uygun random network ağ modeli seçilmiştir [4]. Şekil 5.6'da orijinal ağ (A) ve bu ağın derece, ağırlık ve güç değerleri korunarak türetilen yeni null-model ağın (B) bağlantı matrisleri verilmiştir [4].



Şekil 5.6. Orijinal ağ (A) ve orijinal ağın derece, ağırlık ve güç değerleri korunarak elde edilen null-modeli (B) [4].

## BÖLÜM 6

### VERİ VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında kullanılan EEG veri seti [27] ve bağlantı tahmin yöntemleriyle ilgili genel bilgiler bu bölümde verilmiştir.

#### 6.1. VERİ

Literatürde sinirbilim araştırmalarında kullanılmak üzere fMRI, EEG, MEG ve PET gibi görüntüleme yöntemleri ile elde edilen verilerin dijital olarak paylaşıldığı akademik veri tabanları bulunmaktadır. Bu veri tabanlarına örnek olarak Physionet, [25,26], Openneuro [98] IEEG [99], Nitrc [100], Deap [101,102] gibi veri tabanları verilmektedir. Bu veri tabanlarının pek çoğu ücretsizdir ve akademik amaçlı sinirbilim çalışmaları için veri sağlamaktadır. Bu tez kapsamında kullanılan veri seti Physionet veri tabanından alınmıştır [25–27].

##### 6.1.1. Kullanılan Veri Seti

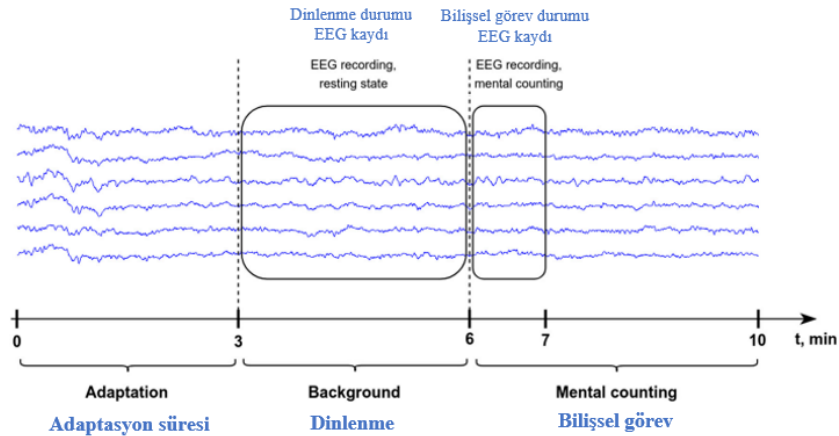
Sinirbilim araştırmalarında kullanılması amacıyla paylaşılan veri setinde dinlenme ve bilişsel görev durumlarında beyin aktivitesi kaydedilmiştir. EEG kayıtları gönüllü deneklerden dinlenme ve bilişsel görev durumunda olmak üzere iki aşamada alınmıştır. Deneklere, bilişsel aktivitenin gözlemlenebilmesi için görev performansı olarak zihinsel seri matematiksel çıkarma işlemleri yaptırılmıştır. Bu süreç sırasında ortaya çıkan elektriksel aktivite kaydedilmiştir. Kaydedilen zaman serileri formundaki EEG sinyalleri dijital olarak paylaşılmıştır. Araştırmacıların kullanımı için 2019 yılında paylaşılan veri seti, güncelliği nedeniyle çalışmamızda tercih edilmiştir [27].

### 6.1.2. EEG Kayıt Süreci

Sinyal kaydı için 23 kanallı *Elektroansefalografi* (EEG) cihazı kullanılmıştır. Elektrotların kafa derisi üzerindeki pozisyonları için uluslararası 10/20 elektrot yerleşim haritası kullanılmıştır. Elektrotlar beyin bölgelerine simetrik olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Konumlandıkları beyin bölgeleri ve elektrot isimlendirmeleri şu şekildedir; frontal lob üzerinde (Fp1, Fp2), frontal lob üzerinde (F3, F4, Fz, F7, F8), temporal lob üzerinde (T3, T4, T5, T6), oksipital lob üzerinde (O1, O2), parietal lob üzerinde (P3, P4, Pz) ve central bölge üzerinde (C3, C4, Cz). Kulak referans elektrotları (A1 ve A2) referans alınarak elektriksel aktivite kaydedilmiştir. Her bir kanal için örnekleme frekansı olarak 500 Hz değeri kullanılmıştır [27].

### 6.1.3. Deney Tasarımı

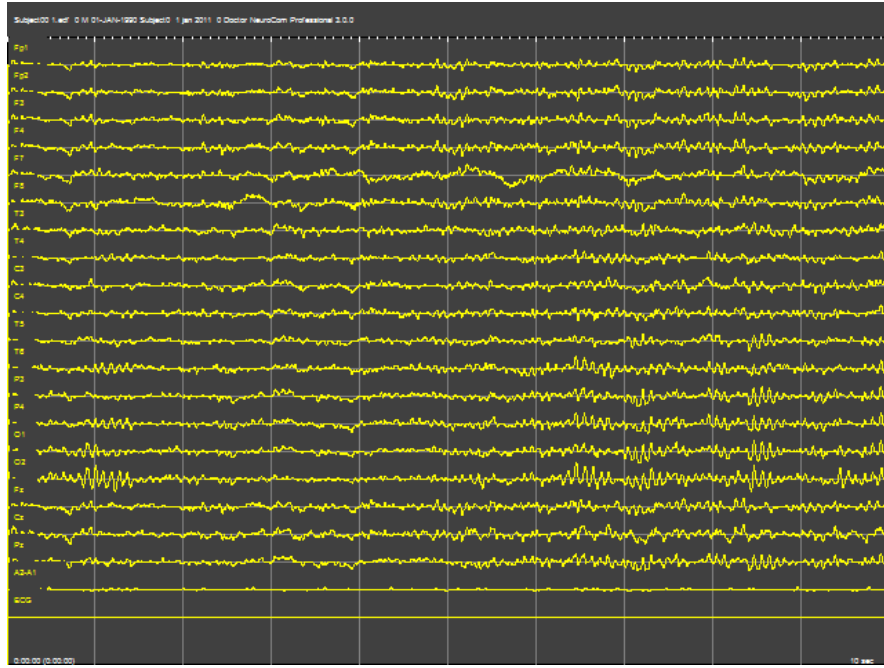
Deneyde gerçekleştirilen EEG çekimleri iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada katılımcıların dinleme durumunda EEG çekimleri yapılmış, daha sonra ara vermeden bilişsel görevler esnasında çekimler devam etmiştir. Çekim başladıktan sonra adaptasyon amacıyla 3 dakika beklenilmiş, daha sonra 3 dakika dinlenme durumu kaydı yapılmıştır. Ara vermeden 4 dakika boyunca zihinsel görevler altında EEG kaydı yapılmıştır. Bilişsel süreç altında yapılan kaydın ilk 1 dakikası değerlendirilmeye alınmıştır. Şekil 1’de dikdörtgen içinde gösterilen bölümler ayrı ayrı veri seti içerisinde paylaşılmıştır [27].



Şekil 6.1. EEG zaman diyagramı (0-3 dk. Adaptasyon), (3-6 dk. dinlenme durumu) ve (6-10 dk. bilişsel görevler) [27].

### 6.1.3. Dinlenme Durumu

Katılımcılar rahat bir koltukta otururlarken, uyanık ve dinlenme durumunda kayıt alınmıştır. Katılımcılardan rahatlamaları ve gözlerini kapatmaları istenmiştir. Bu durum altında 3 dakika süresince EEG kaydı alınmıştır [27]. Şekil 6.2’de bir gönüllüye ait dinlenme durumunda kaydedilen EEG sinyalleri verilmiş ve elektrot isimleri ve sinyallerin veri setinden alınan işlenmemiş görünümleri çizdirilmiştir.



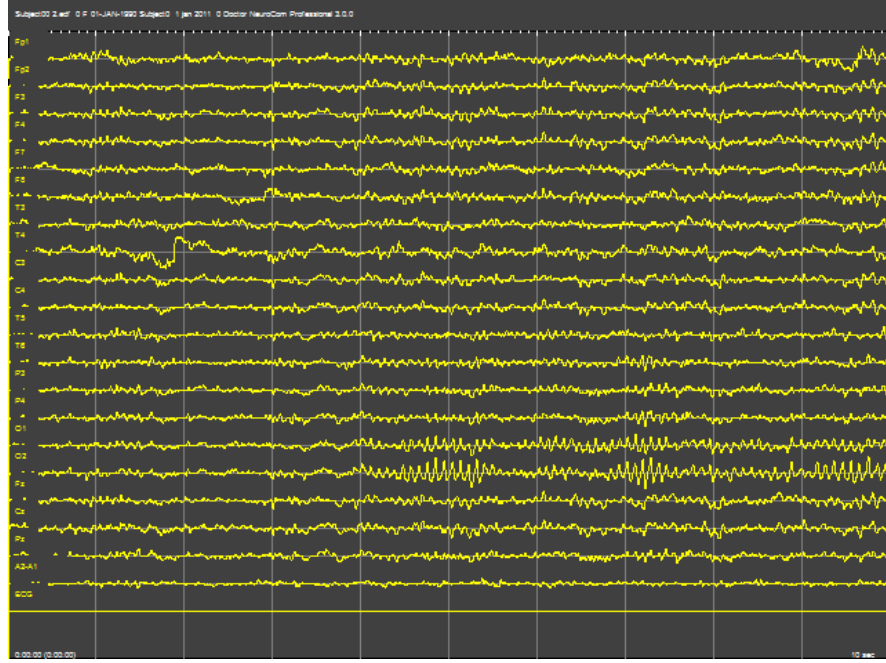
Şekil 6.2. Dinlenme durumunda kaydedilen EEG sinyalleri.

### 6.1.4. Bilişsel Görevler

Bilişsel süreçler esnasında ortaya çıkan beyin aktivitesinin kaydedilmesi için zihinden seri çıkarma işlemi yaptırılmıştır. Deneklerden dört (4) basamaklı bir sayıdan iki (2) basamaklı bir sayının çıkarılması istenilmiştir. Her bir denemede rakamlar sözlü olarak verilmiştir (4753 eksi 19 işlemi gibi). Hesaplama işlemi konuşmadan ve parmaklar ile saymadan, sadece zihinsel olarak gerçekleştirmeleri istenmiştir [27].



Şekil 6.3'te bir gönüllüye ait bilişsel görev durumunda kaydedilen EEG sinyalleri verilmiştir. Bu şekil üzerinde elektrot isimleri ve sinyallerin veri setinden alınan işlenmemiş görüntüleri çizdirilmiştir.



Şekil 6.3. Bilişsel görev durumunda kaydedilen EEG sinyalleri.

### 6.1.5. Başarılı ve Başarısız Bireylerin Belirlenmesi

EEG çekimi sonrasında seri olarak çıkarma işlemi sonuçlarına göre, gönüllüler başarılı ve başarısız olarak bitirenler olarak gruplandırılmıştır. Bunun için gönüllülerin hesapladığı seri çıkarma sonucunda, toplam olarak en fazla %20 oranında hata yapan denekler başarılı olarak etiketlenmiştir. Bu doğruluk oranını yakalayanlar başarılı, diğer katılımcılar başarısız olarak gruplandırılmıştır [27].

### 6.1.6. Gönüllü Denekler

Çalışmaya 66 denek katılmış ve deneklerden alınan tüm kayıtlar incelenmiş ve hatalı çekimler elenmiştir. Sonuç olarak belirlenen kriterlere sahip uygun bulunan 36 katılımcı için dinlenme ve bilişsel görev performansı sırasında EEG kayıtları

oluşturulmuştur. Katılımcıların ortalama yaşı 18,6 ve standart sapması 0,87'dir. Çizelge 6.1'de katılımcıların yaşları, cinsiyetleri ve başarı durumları verilmiştir [27].

Çizelge 6.1. Gönüllülerin cinsiyet, yaş ve başarı durumları [27].

Denek	Yaş	Cinsiyet	Durum	Denek	Yaş	Cinsiyet	Durum
Gönüllü 00	21	K	0-Başarısız	Gönüllü 18	17	K	1-Başarılı
Gönüllü 01	18	K	1-Başarılı	Gönüllü 19	22	E	0-Başarısız
Gönüllü 02	19	K	1-Başarılı	Gönüllü 20	17	K	1-Başarılı
Gönüllü 03	17	K	1-Başarılı	Gönüllü 21	20	K	0-Başarısız
Gönüllü 04	17	K	0-Başarısız	Gönüllü 22	19	K	0-Başarısız
Gönüllü 05	16	K	1-Başarılı	Gönüllü 23	16	K	1-Başarılı
Gönüllü 06	18	E	0-Başarısız	Gönüllü 24	17	E	1-Başarılı
Gönüllü 07	18	K	1-Başarılı	Gönüllü 25	17	E	1-Başarılı
Gönüllü 08	26	E	1-Başarılı	Gönüllü 26	17	K	1-Başarılı
Gönüllü 09	16	K	0-Başarısız	Gönüllü 27	19	K	1-Başarılı
Gönüllü 10	17	K	0-Başarısız	Gönüllü 28	19	K	1-Başarılı
Gönüllü 11	18	K	1-Başarılı	Gönüllü 29	19	E	1-Başarılı
Gönüllü 12	17	K	1-Başarılı	Gönüllü 30	17	E	0-Başarısız
Gönüllü 13	24	E	1-Başarılı	Gönüllü 31	19	K	1-Başarılı
Gönüllü 14	17	K	0-Başarısız	Gönüllü 32	20	K	1-Başarılı
Gönüllü 15	17	K	1-Başarılı	Gönüllü 33	17	E	1-Başarılı
Gönüllü 16	17	K	1-Başarılı	Gönüllü 34	18	K	1-Başarılı
Gönüllü 17	17	K	1-Başarılı	Gönüllü 35	17	K	1-Başarılı

\*K-Kadın, E- Erkek olmak üzere

## 6.2. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında dinlenme ve bilişsel görev performansı sırasında alınan EEG kayıtlarını içeren veri seti kullanılmıştır [27]. EEG verilerinden, Bölüm 5'te açıklanan işlem basamakları [42] uygulanarak fonksiyonel beyin ağları oluşturulmuştur. Veri tabanından alınan 23 kanallı sinyalin uygun olan 19 elektrot kanalı kullanılmıştır. Yapılan çalışmaların özeti aşağıda verilmiştir.

- Veri setinde bulunan EEG kayıtları dinlenme ve bilişsel görev durumları için cinsiyet ve bilişsel başarı durumlarına göre gruplandırılmıştır.

- Her bir grup için ayrı ayrı COH ve PLV yöntemleri kullanılarak bağlantısallık matrisleri oluşturulmuştur. Bağlantı matrisleri 19 satır ve 19 sütundan (19x19) oluşmaktadır.
- Bağlantısallık matrisleri EEG'nin teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), ve gama (30 -100 Hz) alt bantları için ayrı ayrı oluşturulmuştur.
- Bu işlemler sonucunda 40 tane dinlenme durumu ve 40 tane de bilişsel görev durumu için olmak üzere 80 adet ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisi elde edilmiştir.
- Her ağ için 12 farklı kompleks ağ parametresi incelenmiştir. Tüm gruplarda toplam elde edilen parametre analizi sonucu sayısı 960 adettir.
- Düğümler arası bağlantı tahmin yöntemlerinden kaynaklanan ve gürültü olarak adlandırılan küçük ağırlıklı bağlantılar eşik değeri uygulanarak temizlenmiştir. Beyin ağlarında kesin bir eşik değeri olmadığı için [85], farklı eşik değerleri uygulanmıştır. Eşik değerleri “0” ile “1” arasında, her seferinde “0,1” miktarı artırılarak ağa uygulanmıştır. Her bir ağ parametresi eşik değeri uygulandıktan sonra elde edilen ağ kullanılarak tekrar hesaplanmıştır.
- Parametre hesaplamaları tamamlandıktan sonra gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığının belirlenmesi için istatistiksel anlamlılık testleri gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ortalama ağ matrisleri yerine her grup da yer alan ilgili deneklerin bireysel fonksiyonel beyin ağı matrisleri kullanılarak ağ parametreleri tekrar hesaplanmıştır. COH ve PLV yöntemlerinde “0,5” eşik değerinin karşılaştırılan ağlar üzerinde ayırt edici olduğu görülmüştür. Bu nedenle “0,5” eşik değeri için elde edilen parametreler için istatistiksel testler gerçekleştirilmiştir.
- Null-model analizler gerçekleştirmek için orijinal beyin ağı matrisleri kullanılarak her bir beyin ağına karşılık 1000 adet random ağ oluşturulmuştur. Bu ağlar kullanılarak model ağlar için ağ parametreleri hesaplanmıştır. Orijinal

beyin ağı parametreleri ile null-model sonucunda elde edilen ağ parametreleri karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu yöntem ile beyin ağın için hesaplanan parametrelerin düzenli mi yoksa rastgele değerler mi aldığı incelenmiştir.

- Fonksiyonel beyin ağının daha iyi sunumu amacıyla beynin axial kesitli görünümü üzerinde düğüm ve bağlantıları çizdirilerek görselleştirmeler yapılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan uygulama adımları *Bölüm 1*'de akış diyagramı olarak da verilmiştir.

### **6.2.1. Fonksiyonel Beyin Ağı Bağlantı Matrislerinin Oluşturulması**

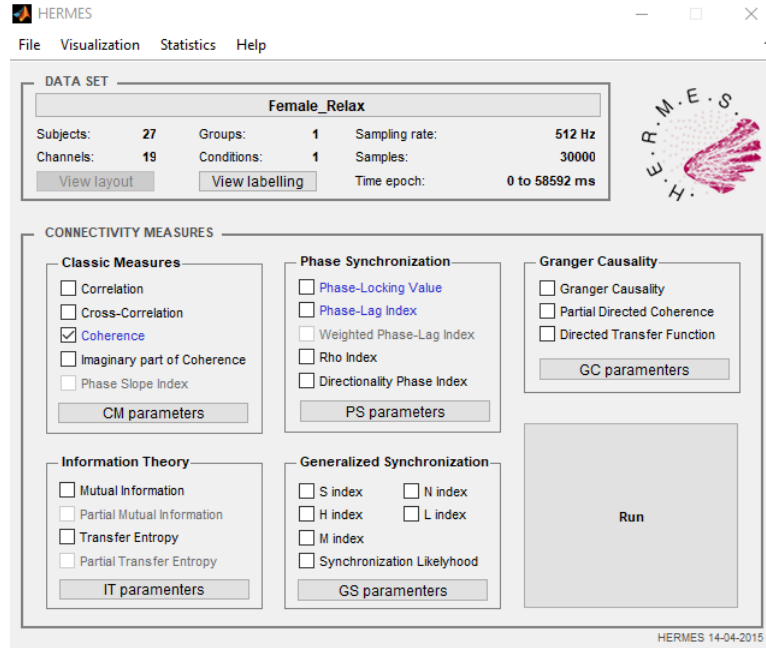
Fonksiyonel bağlantı matrislerini elde edebilmek için *Bölüm 6*'da detayları açıklanan veri setinde [27] bulunan EEG kayıtları kullanılmıştır. EEG kayıtları, dinlenme ve bilişsel görev durumları için gruplandırılmıştır. Gruplar cinsiyet ve görev performansı başarı durumlarına göre 10 farklı alt kategori içerisinde alt gruplara ayrılmıştır.

1. Tüm gönüllülerin dinlenme durumu
2. Tüm gönüllülerin bilişsel görev durumu
3. Bilişsel görevde başarılı denekler dinlenme durumu
4. Bilişsel görevde başarılı denekler bilişsel görev durumu
5. Bilişsel görevde başarısız denekler dinlenme durumu
6. Bilişsel görevde başarısız denekler bilişsel görev durumu
7. Erkek gönüllüler dinlenme durumu
8. Erkek gönüllüler bilişsel görev durumu
9. Kadın gönüllüler dinlenme durumu
10. Kadın gönüllüler bilişsel görev durumu

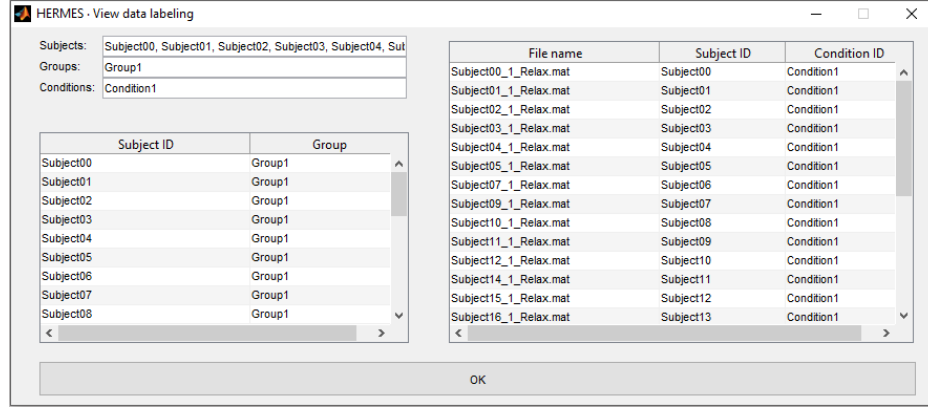
Katılımcılara ait beyin ağı bağlantı matrisleri, dinlenme durumu ve bilişsel görev durumu altında alınan kayıtlar olarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bağlantı matrislerini elde etmek için HERMES [44,86] isimli yazılım kullanılmıştır. Dinlenme ve bilişsel görev durumunda altında kayda alınan EEG verilerinin her bir gönüllü için 60

saniyelik bölümü fonksiyonel beyin ağı için kullanılmıştır. Örnekleme frekansı olarak 512 Hz değeri kullanılmıştır. Elektrotların isimleri ve koordinatları sisteme aktarılmıştır.

PLV ve COH yöntemleri kullanılarak ayrı ayrı teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz) ve gama (30–100 Hz) için fonksiyonel bağlantı matrisleri oluşturulmuştur. Gruplar içerisinde yer alan her bir gönüllüye ait bağlantı matrisleri hesaplanmıştır. Hesaplanan her bir bağlantı matrisi, ilgili bölüme aktarılmış ve matrislerin ortalaması alınarak gruplara göre ortalama fonksiyonel bağlantı matrisleri elde edilmiştir. İki farklı yöntem için 80 tane ortalama fonksiyonel beyin ağı bağlantı matrisi elde edilmiştir. Şekiller 6.3, ve 6.4'te Hermes yazılımı kullanılarak bağlantı matrislerinin oluşturulması sürecinde alınan örnek ekran görüntüleri verilmiştir. Çizelge 6.2'de sisteme aktarılan elektrot isimleri ve 10/20 elektrot yerleşim şemasına göre x,y,z eksenindeki konumları verilmiştir.



Şekil 6.3. Hermes yöntem seçim ara yüzü.



Şekil 6.4.Hermes veri giriş ara yüzü.

Çizelge 6.2. Elektrot isimleri ve 10/20 elektrot yerleşim şemasına göre x,y,z eksenindeki konumları.

X	Y	Z	Elektrot
-2.868	10.015	0.852	Fp1
2.868	10.015	0.852	Fp2
-6.014	4.939	4.858	F3
6.014	4.939	4.858	F4
-6.484	6.404	-0.140	F7
6.484	6.404	-0.140	F8
-7.938	0.072	-0.970	T3
7.938	0.072	-0.970	T4
-6.703	0.060	6.240	C3
6.703	0.060	6.240	C4
-6.991	-5.017	-1.888	T5
6.991	-5.017	-1.888	T6
-5.108	-6.749	3.921	P3
5.108	-6.749	3.921	P4
-2.202	-9.709	-0.638	O1
2.202	-9.709	-0.638	O2
0.000	6.812	7.282	Fz
0.000	0.000	39,78	Cz
0.000	-7.150	6.954	Pz

## 6.2.2. Ağ Parametrelerinin Hesaplanması

Her bir gönüllü grubu ve EEG bandı için bireysel bağlantı matrislerinin ortalamaları alınarak, ilgili grubun ortalama beyin ağı bağlantı matrisi hesaplanmıştır. Bu ortalama bağlantı matrisleri kullanılarak kompleks ağ parametre hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Ağ parametrelerinin hesaplanması için literatürde en çok kullanılan araçlardan olan “*Brain Connectivity Toolbox (BCT)*” kullanılmıştır [36,38].

COH ve PLV yöntemlerinden elde edilen ağlar için parametre hesaplamaları ayrı ayrı yapılmıştır. Beyin ağı dinamiklerinin durumlara göre değişiminin detaylı olarak incelenebilmesi için 12 farklı ağ parametresinin hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen 80 adet fonksiyonel bağlantı matrisi için hesaplanan ağ parametresi 960 adettir. Hesaplanan parametreler aşağıda verilmiştir. *Derece (Degree)*, *Güç (Strength)*, *Ortalama yol uzunluğu (Avg. Path Length)*, *Kümelene katsayısı (Clustering Coefficient)*, *Yoğunluk (Density)*, *Ortalama düğüm eksantrikliği (Average nodal eccentricity)*, *Çap (Diameter)*, *Yarı çap (Radius)*, *Geçişlilik (Transitivity)*, *Global verimlilik (Global efficiency)*, *Local verimlilik (Local efficiency)* ve *Assortativity*'dir. Bu parametreler ile ilgili gerekli açıklamalar *Bölüm 4*'te verilmiştir.

Eşik değerleri kullanılarak düğümler arasında küçük boyutlu ağırlık değerine sahip bağlantılar temizlenmiştir. Tüm parametre hesaplamaları "0" eşik değerinden başlanarak her seferinde "0,1" miktarında artırılarak "1" eşik değerine ulaşıncaya kadar "10" eşik değeri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

### **6.2.3. İstatistiksel Hesaplamalar**

#### **6.2.3.1. t-Testi Analizleri**

İstatistiksel analizleri gerçekleştirebilmek için, daha önce ortalama bağlantı matrisleri ile hesaplanan ağ parametrelerinden farklı olarak, her bir gönüllünün bireysel beyin ağı ile hesaplanan ağ parametrelerinin kullanılması gerekmektedir. İstatistiksel analizler için kullanılan ağ matrislerinde eşik değeri olarak 0,5 seçilmiştir. Uygulanan filtreleme işleminden sonra elde edilen ağ parametreleri için gruplar arası anlamlılık testleri yapılmıştır.

İstatistiksel analizler için SPSS 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için t-testi ve türevleri kullanılmıştır. İncelenen verilerin normal dağılım gösterip göstermediği kontrol edilerek, eğer veriler normal dağılıyorsa parametrik testler, normal dağılmıyorsa ilgili testin karşılığı olan non-parametrik test yöntemleri kullanılmıştır.

Verilerin normal dağılıp dağılmadığına karar vermek için “Kolmogorov-Smirnov” testi kullanılmıştır. Sig>0.05 şartı sağlanıyor ise verilerin normal dağılmadığı kabul edilmiştir.

Çizelge 6.3. Kolmogorov-Smirnov yöntemi ile yapılan normallik testi örneği.

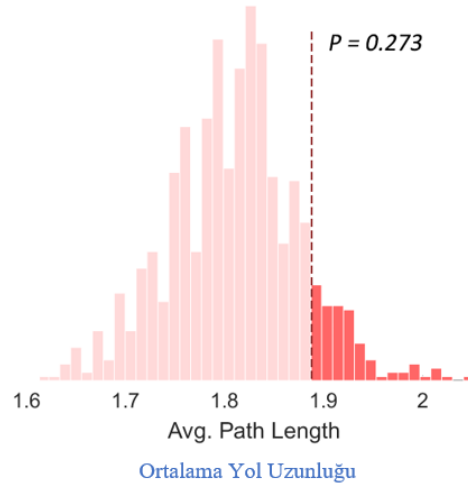
Tests of Normality	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		
	Statistic	df	Sig.
Rest_Thr 0.5	0,095	36	0,200*

- Bağımlı değişken grupları için “bağımlı (paired) t-testi” kullanılmıştır. Eğer bağımlı gruplarda veriler normal dağılmıyor ise non-parametrik bir test olan “Wilcoxon Test” kullanılmıştır.
- Bağımsız gruplar için “bağımsız (independent) t-testi” ve eğer veriler normal dağılmıyor ise non-parametrik bir test olan “Mann-Whitney U” testi kullanılmıştır.

#### 6.2.4. Null-Model Analizleri

Null-model ağ istatistikleri, analizi yapılan ağlara ait ağ parametrelerinin rastsallıktan ne kadar uzak olduğunu göstermek için kullanılmaktadır. Her bir grup için incelenecek beyin ağı, başlangıç ağı olarak seçilmiştir. Başlangıç ağının düğüm dereceleri, bağlantıların sahip olduğu ağırlık değerleri ve güç (strength) dağılımı korunarak 1000 adet yeni null-model ağ oluşturulmuştur. Oluşturan 1000 adet rastsal ağ için istenilen ağ parametrelerinin tamamı hesaplanmıştır. Hesaplanan 1000 adet parametrenin histogram dağılımı hesaplanmıştır. Orijinal beyin ağının parametrelerinin ilgili histogram dağılımı üzerindeki konumu incelenerek karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 6.5’te örnek histogram dağılım grafiği verilmiştir.





Şekil 6.5 Null-model parametre dağılım histogram grafiği.

Analizi yapılan ağa ait parametre, null-model ağlardaki ilgili parametrelerin dağılımında soldan veya sağdan en uç %5'lik bölüme ya da daha uzağına düşüyorsa rastsallıktan anlamlı uzaklıkta ve verilerin rastgele değerler almadığı kabul edilmektedir. Bu tez çalışmasında başlangıç ağı kullanılarak türetilen yeni ağlar için rastsal ağ modeli kullanılmıştır [4,38].

#### 6.2.5. Beyin Ağı Görselleştirme Çalışmaları

Fonksiyonel beyin ağlarının grup bazında görselleştirme işlemleri de yapılmıştır. Daha önce hesaplanan bağlantı matrisleri kullanılarak beyin ağı görselleri oluşturulmuştur.. EEG elektrotlarının konumları Montreal Neurological Institute (MNI) koordinat sistemi kullanılarak beyin axial yüzeyine yerleştirilmiştir [103]. Bağlantı matrislerine 0,5 eşik değeri uygulandıktan sonra elde edilen fonksiyonel beyin ağları görselleştirilmiştir. Fonksiyonel beyin ağı görselleştirmesi işlemleri için BrainNet Viewer yazılımı kullanılmıştır [93,104].

Beyin görsellerinin daha anlaşılır olması amacıyla aşağıda verilen işlemler görseller üzerinde gerçekleştirilmiştir.

- Çizgi kalınlıkları bağlantıların ağırlık değerlerine oranlanmıştır. Bağlantıların ağırlığı arttıkça çizgi kalınlığı büyütülmüştür.
- Düğümlerin boyutları, derece değerlerine göre belirlenmiştir. Düğüm derecesi büyüdükçe çizimdeki boyutu artırılmıştır.

## BÖLÜM 7

### BULGULAR

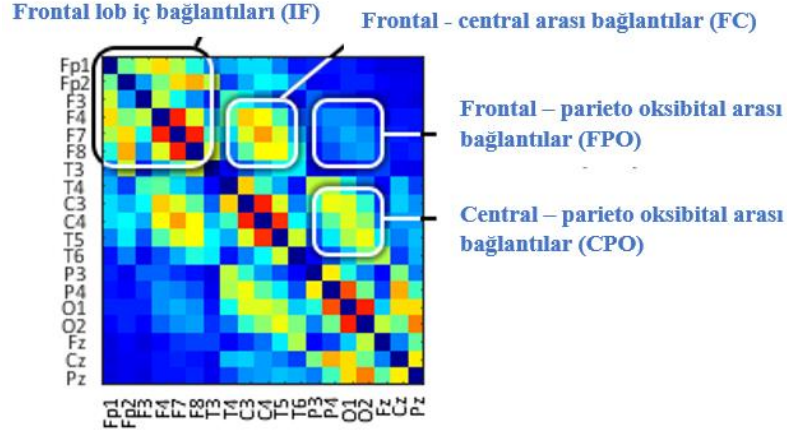
Dinlenme ve bilişsel görev durumlarında kaydedilen EEG sinyalleri kullanılarak COH ve PLV yöntemleri için ayrı ayrı hesaplanan beyin ağı bağlantı matrisleri, ağ parametreleri ve gruplar arasındaki istatistiksel anlamlılık analiz sonuçları bu bölümde verilmiştir. Sonuçlar her grup için EEG'nin teta (4–8 Hz), alfa (8–12 Hz), beta (12–30 Hz), ve gama (30 -100 Hz) alt bantları için ayrı ayrı oluşturulmuştur. Ayrıca COH yöntemi için elde edilen null-model analiz sonuçları ve beyin ağı görselleştirmeleri verilmiştir. Bu çalışma kapsamında elde edilen bulguların bir bölümü araştırmaların kullanımını amacıyla yayımlanmıştır [105,106].

#### 7.1. COH VE PLV YÖNTEMLERİNDE FONKSİYONEL BEYİN AĞI BAĞLANTI MATRİSLERİ

Fonksiyonel beyin ağlarının en temel gösterimi için bağlantı matrisleri kullanılmaktadır. Bu matrisler karşılıklı elektrot çiftleri arasındaki bağlantıların varlığını, yokluğunu ve karşılıklı bağlantıların ağırlık değerlerini barındırmaktadırlar.

COH ve PLV yöntemleri ile elde edilen bağlantı matrisleri görselleştirilerek verilmiştir. Bağlantı matrisleri görsellerinde renk tabanlı ölçeklendirme kullanılmıştır. Bağlantı matrisleri, herhangi bir eşik değeri ile filtreleme yapılmadan sunulmuştur. Zaman serileri kullanılarak üretilen zayıf veya güçlü tüm bağlantılar görsellerde görülmektedir. Matrislerin satır ve sütunlarında 10/20 uluslararası sisteminde kullanılan elektrot isimlerine göre adlandırılmıştır.

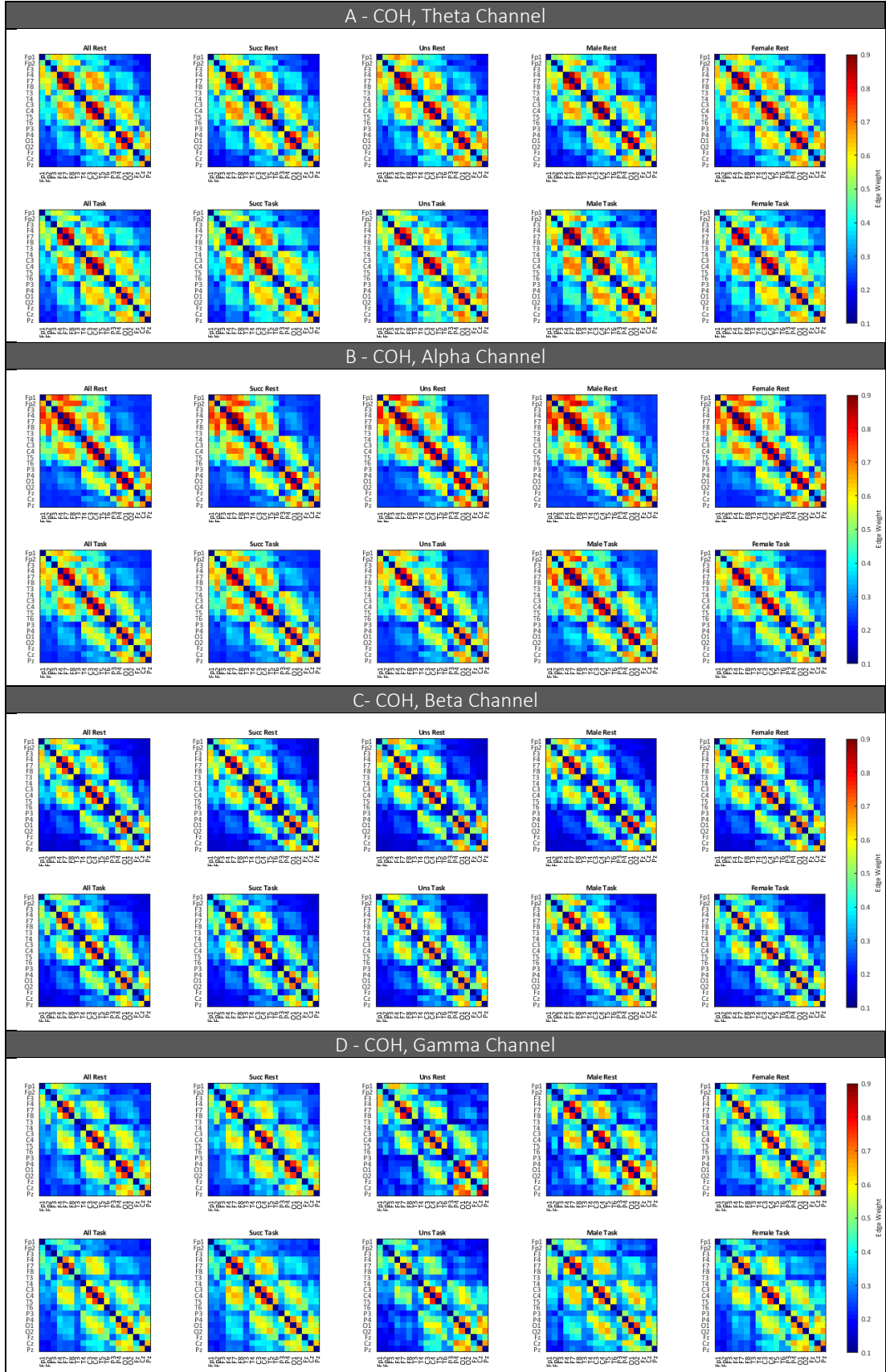
Şekil 7.1’de beyin bölgelerinin bağlantı matrisleri üzerindeki konumlarıyla birlikte, bazı bölgeler arasındaki baskın bağlantı kümeleri de işaretlenerek verilmiştir.



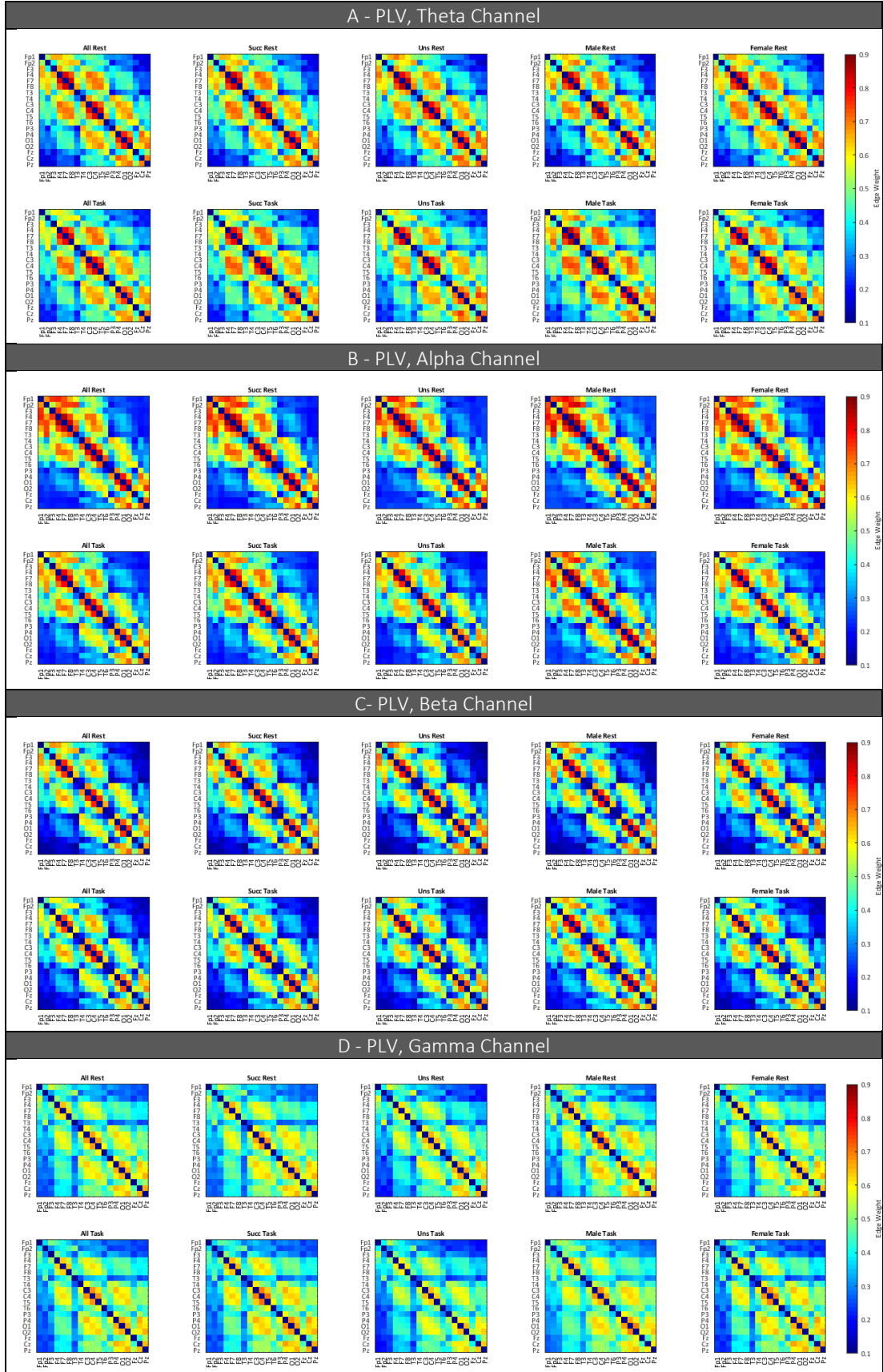
Şekil 7.1. Beyin bölgelerinin beyin ağı matrisi üzerinde görünümü.

Şekil 7.2 ve Şekil 7.3’te COH ve PLV yöntemi ile elde edilen ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri her satırda teta, alfa, beta ve gama bantları için verilmiştir. Karşılıklı düğümler (elektrotlar) arasındaki bağlantıların nümerik değerlerinin gösteriminde kullanılan renk tabanlı ölçeklendirme, mavi en düşük (0) ve kırmızı en yüksek (0,9) aralığındadır. İlgili şekiller de yer alan kısaltmaların anlamları aşağıda verilmiştir;

- “All Rest”-Tüm gönüllülerin dinlenme durumu
- “All Task”-Tüm gönüllülerin bilişsel görev durumu
- “Succ Rest”-Bilişsel görevde başarılı denekler dinlenme durumu
- “Succ Task”-Bilişsel görevde başarılı denekler bilişsel görev durumu
- “Uns Rest”-Bilişsel görevde başarısız denekler dinlenme durumu
- “Uns Task”-Bilişsel görevde başarısız denekler bilişsel görev durumu
- “Male Rest”-Erkek gönüllüler dinlenme durumu
- “Male Task”- Erkek gönüllüler bilişsel görev durumu
- “Female Rest”- Kadın gönüllüler dinlenme durumu
- “Female Task”- Kadın gönüllüler bilişsel görev durumu



Şekil 7.2. COH yöntemi, tüm gruplar için (A) Teta, (B) Alfa, (C) Beta ve (D) Gama bantları ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri.



Şekil 7.3. PLV yöntemi, tüm gruplar için (A) Teta, (B) Alfa, (C) Beta ve (D) Gama bantları ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri.

Şekil 7.2 (COH) ve Şekil 7.3'te (PLV) verilen ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri için, dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçişle birlikte tüm bantlarda “*inter-frontal (IF)*” lobdaki bağlantı ağırlıklarında azalma olmuştur. Bu durumun alfa bandında daha baskın ve gama bandında daha az olduğu görülmüştür. Frontal lob ile central lob (FC) arası bağlantı ağırlıkları bu süreç içerisinde alfa bandı dışındaki diğer bantlar için artma eğilimindedir. Bu durum gama bandında daha baskındır. Frontal lob ve parieto-okspital lob (FPO) ve central lob ve parieto-okspital lob (CPO) arasındaki bağlantılar da alfa bandı dışında diğer bantlar da küçük miktarda değişmiştir. COH yöntemi ile teta bandı FPO bağlantılarında kayda değer bir artış gözlemlenmiştir. COH yöntemi ile elde edilen bağlantı matrislerinin PLV yöntemi ile elde edilenlere göre daha ayırt edici olduğu görülmüştür. Bu duruma PLV yöntemi ile elde edilen bağlantı ağırlık değerlerinin, küçük boyutlu ağırlık farklarına sahip olması neden olmaktadır. Bu durum PLV matrislerinde en çok gama bandında belirgindir.

Bağlantı matrisleri incelendiğinde tüm bantlar için bilişsel görev performanslarında başarılı olan bireylerin başarısız bireylere göre daha yüksek frontal lob ile central lob (FC) arası bağlantı içerdikleri ve başarılı bireylerde diğerlerine göre frontal lob ile parieto oksibital lob (FPO) arasında daha yüksek bağlantı olduğu görülmüştür. Bu durum zekanın bir beyin bölgesinin yüksek bağlantı içermesinden ziyade bölgeler arasındaki yüksek bağlantısallık ile ilgili olduğunun bir göstergesidir. Başarılı bireylerde inter frontal (IF) lobdaki bağlantısallık dinlenme durumundan bilişsel göreve geçerken bağlantı ağırlıklarını kaybederken FPO bağlantıları güçlenmektedir. Bu durum beyin dinlenme durumunda frontal bölgede daha bağlı olduğunun bilişsel göreve geçerken bu bağlantıların bir kısmının parieto-okspital bölgeye aktarıldığının bir göstergesidir. Bilişsel görev durumunda başarılı bireylerin teta ve gama bantları için FC bağlantıları gözle görülür şekilde daha fazla ağırlık kazanırken, bu bağlantılar başarısız bireylerde için sabit kalmaktadır. Bu durum Şekil 7.2 (COH) ve Şekil 7.3 (PLV) verilen ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri için küçük farklılıklarla uyum içindedir.

PLV yöntemi ile elde edilen gama (Şekil 7.3 - D) bandı matrisleri incelendiğinde, daha sınırlı bağlantı ağırlıkları oluştuğu görülmüştür. Bu durum renk değişimi incelenerek bazı kümelenmelerin ayırt edilmesine olanak sağlamıştır. Ayrıca bu durum başarılı

bireylerin bilişsel görev durumunda C3, C4 ve T5 düğümleri arasında oluşturdukları küçük bir kümelenmenin keşfedilmesini sağlamıştır. Bu küme teta bandı için en güçlü değere sahiptir. Ayrıca başarılı bireylerde başarısız olanlara göre daha bağlantılıdır. Bu durum problem çözme yeteneğinin bu kümelenme ile ilişkisi olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca bu kümenin bağlantı ağırlığı dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçişle kadınlarda artmakta erkeklerde ise azalmaktadır.

Cinsiyet farklılıkları için oluşturan bağlantı matrislerinde, kadınlardan elde edilen ağın dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçiş sırasında erkeklere göre daha az etkilendiği görülmüştür. Erkek beyninin bağlantısallık özellikleri dinlenme durumunda kadın beynine göre çoğu EEG bandında daha düşük seviyededir. Ancak bilişsel görev performansına geçiş ile erkek beyninin bağlantısallığı kadın beyninin önüne geçmektedir. Bu durum erkek beynin kadın beynine göre bilişsel süreçlerde daha iyi senkronize olduğunun bir göstergesidir. Bilişsel görev performansı durumunda kadın ve erkek beynindeki senkronizasyon ve bağlantısallık artmakta ancak erkek beynindeki artış daha büyük miktarda olmaktadır. Bu durumun tek istisnası COH ve PLV yöntemleri için gama bandında olmaktadır. Gama bandında her durum için erkek beyni daha yüksek bağlantısallık özellikleri göstermektedir.

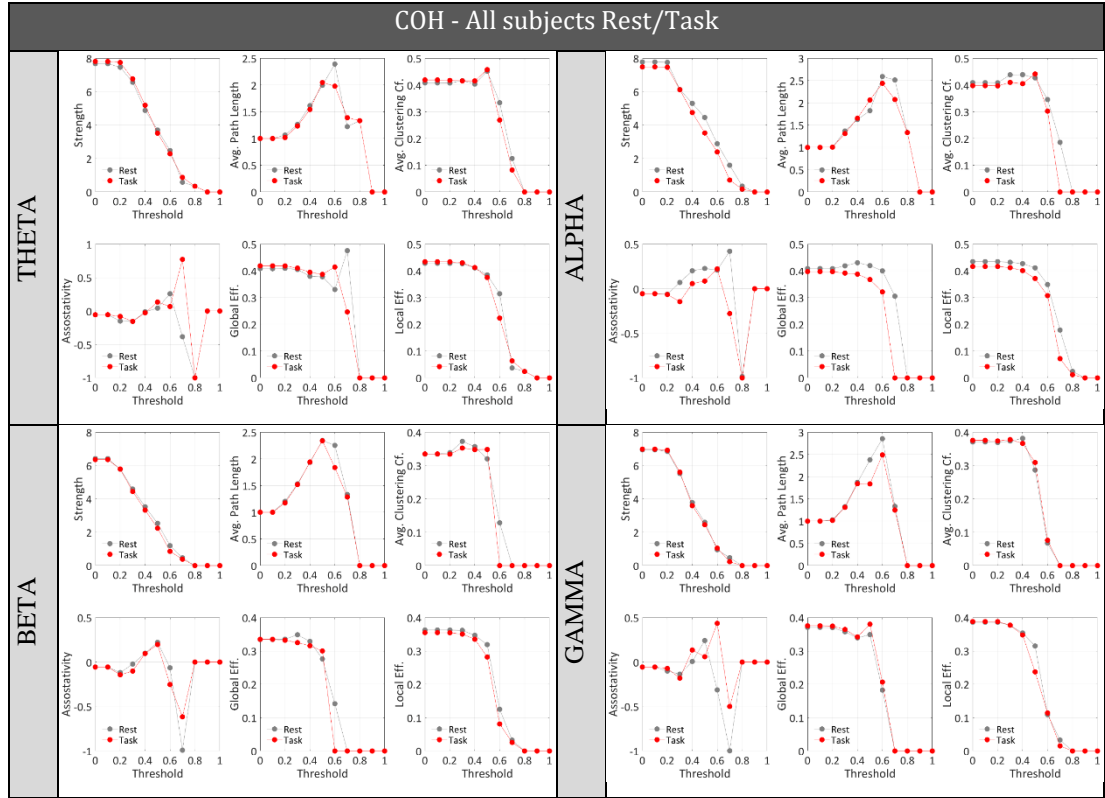
## **7.2. COH VE PLV YÖNTEMLERİNDE FONKSİYONEL BEYİN AĞI PARAMETRE ANALİZLERİ**

Tüm gruplar için ilgili ortalama fonksiyonel beyin ağı matrisleri kullanılarak lokal ve global ağ parametreleri hesaplanmıştır. COH ve PLV yöntemi için teta, alfa, beta ve gama bantları için parametreler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kullanılan veri seti ile elde edilen on iki (12) farklı ağ parametresinden nörobiyolojik ilkelere uygun [37] dağılım gösterenler grafiklerde kullanılmıştır. Çeşitli bağlantı eşikleri kullanılarak [85] küçük ağırlıklı bağlantıların filtrelenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Ağın değişimini gözlemlemek için uygulanan her eşik değerinden sonra ağ parametreleri tekrar hesaplanmış ve grafikler bu değerlere göre çizdirilmiştir. Bu bölümde kullanılan ağ parametreleri, *Güç (Strength)*, *Ortalama yol uzunluğu (Avg. Path Length)*, *Kümelenme Katsayısı (Clustering Coefficient)*, *Global verimlilik (Global efficiency)*, *Local verimlilik (Local efficiency)* ve *Assortativity*'dir. Çalışma kapsamında elde edilen

ancak bu bölümde verilmeyen parametre sonuçları hesaplanan tüm parametrelerle birlikte “EK AÇIKLAMALAR” bölümünde verilmiştir.

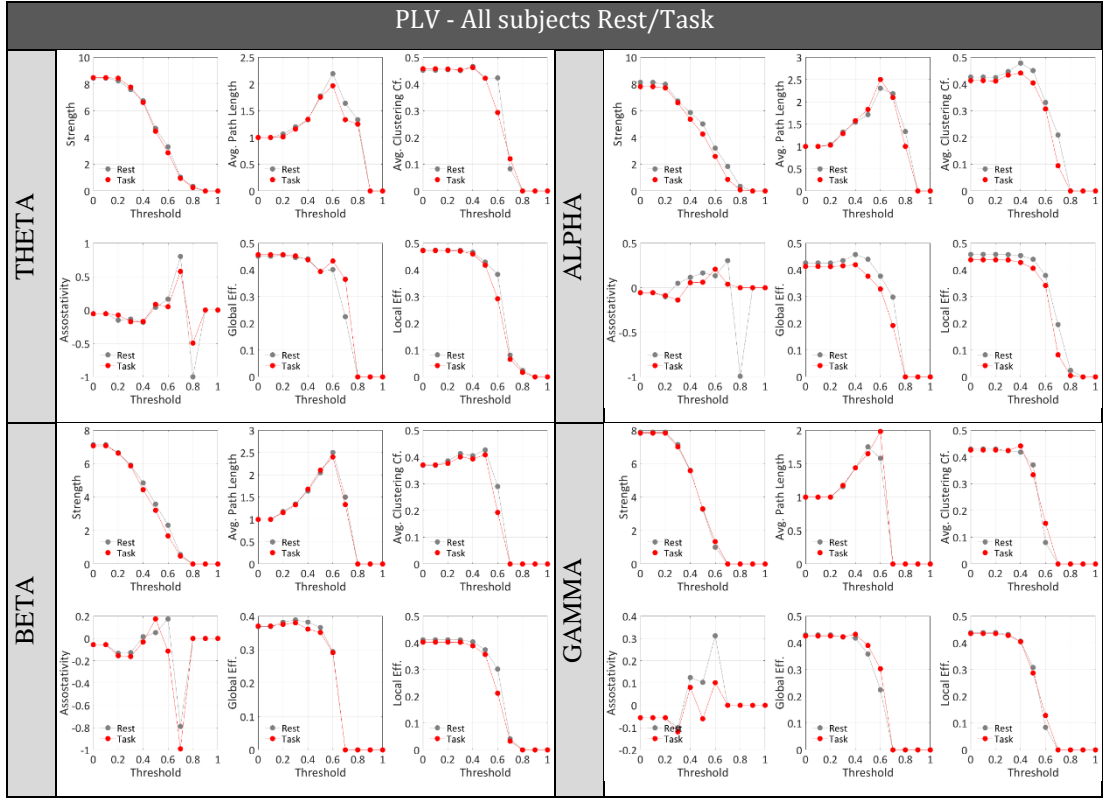
### 7.2.1. COH ve PLV Yöntemi İçin Tüm Gönüllülerin Dinlenme/Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri

Şekil 7.4.’te ve Şekil 7.5.’de gri noktalar (*rest*) dinlenme durumunu ve kırmızı noktalar (*task*) bilişsel görev durumunu göstermektedir. Sonuçlar teta, alfa, beta ve gama bantları için ayrı ayrı verilmiştir.



Şekil 7.4. COH yöntemi için tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.





Şekil 7.5. PLV yöntemi için tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.

Tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumları için fonksiyonel beyin ağı matrisleri kullanılarak hesaplanan ağ parametreleri incelendiğinde her iki durum arasında belirgin farklar olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin COH ve PLV ile üretilen ağlarda beta bandı için 0,5-0,6 eşik değerleri için ortalama yol uzunluğu ölçüsünün dinlenme durumunda bilişsel görev durumuna göre daha büyük olduğu görülmüştür. Bu durum beyin bilişsel süreçler esnasında dinlenme durumuna göre daha bağlı bir ağ yapısı gösterdiğinin bir göstergesidir.

Dinlenme durumundan bilişsel göreve geçiş sürecinde beyin bağlantısallığın da en çok değişim alfa bandında gözlemlenmiştir. Alfa bandında güç, kümelenme katsayısı, global ve local verimlilik, assortativity parametreleri azalırken ortalama yol uzunluğu değeri az da artmıştır. Beta bandında da küçük farklılıklar ile benzer değerler gözlemlenmiştir. Teta ve gama bantlarında ise alfa ve beta bantlarına kıyasla ya hiç değişim olmamış yada çok küçük değişimler meydana gelmiştir. Bu değişiklikler uyanık dinlenme durumunda ortaya çıkan ve bilişsel süreçler sonucunda kaybolan alfa bandının doğası ile ilgili olabilir.

Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 incelendiğinde 0,5 eşik değeri için ortalama yol uzunluğu, kümelenme ve assortativity değerlerinin dik bir inişten önce en yüksek değerlerine ulaştıkları görülmektedir. Bu durum 0,5 kritik eşik değerinden önce bir dönüm noktasının olduğunu göstermektedir. Daha büyük eşik değeri ağı ayırık hale getirmekte ve düğümler arasındaki bağlantılar kaybolmaktadır. Bu nedenle 0,5 eşik değeri ağı parametre hesaplamaları ve ağ görselleştirmeleri için kritik öneme sahiptir.

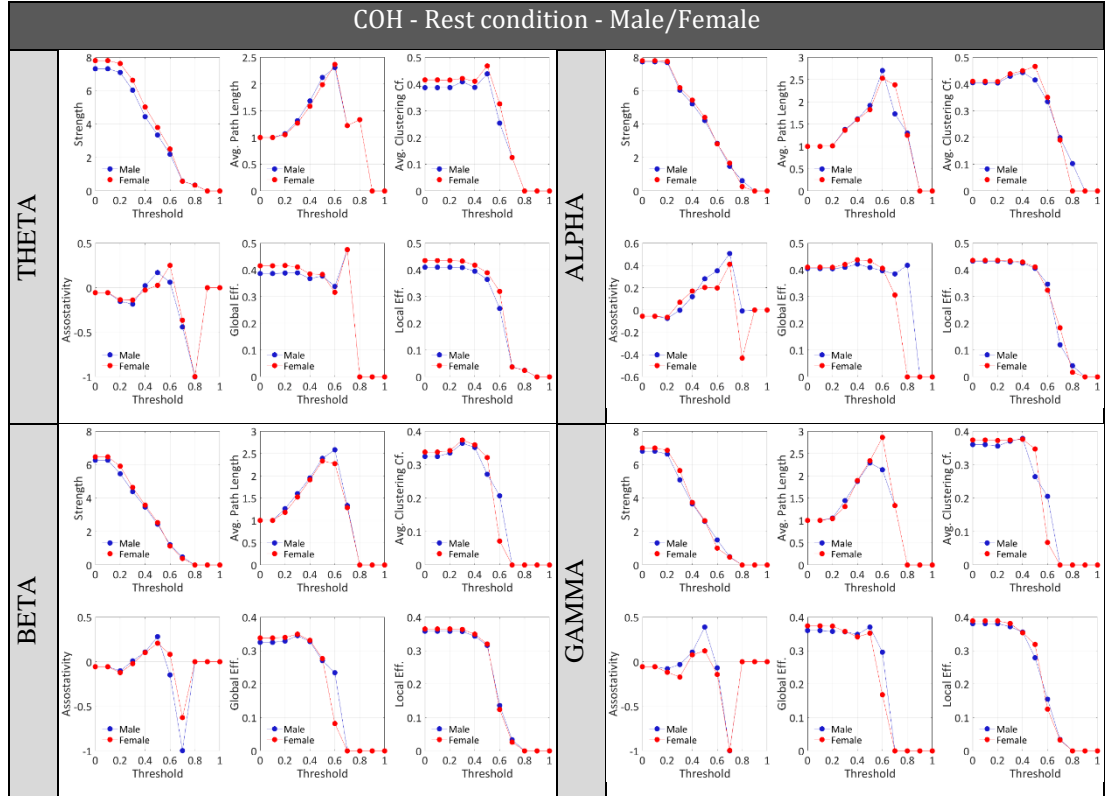
Dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçişte, global ve lokal verimlilik parametreleri iki durum arasında net bir ayırıcı özelliğe sahiptir. Bilişsel görev durumunda alfa ve beta bantlarında verimlilik değeri azalmaktadır. Bu durum daha az bağlı ama daha verimli bir ağ oluşturma stratejisinin bir sonucu olabilir.

### **7.2.2. Erkekler/Kadınlar İçin Dinlenme Durumu Ağ Parametreleri**

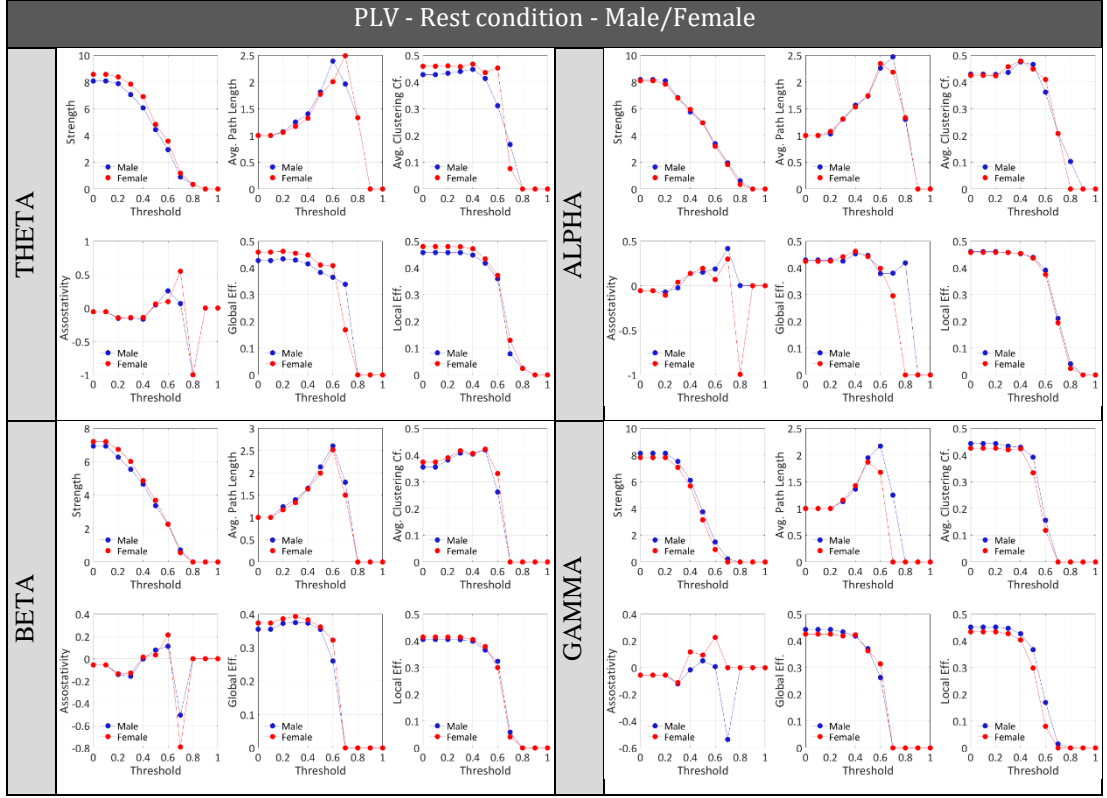
Erkekler ve kadınların dinlenme durumu fonksiyonel beyin ağı parametre analizi sonuçları Şekil 7.6'da (COH) ve Şekil 7.7'de (PLV) verilmiştir. Şekillerde mavi noktalar erkeklerin, kırmızı noktalar ise kadınların parametre değerlerini göstermektedir. Sonuçlar teta, alfa, beta ve gama bantları için ayrı ayrı verilmiştir.

COH ve PLV yöntemi ile elde edilen ağ parametreleri ile cinsiyetler arasındaki farklılıkların dinlenme ve durumunda fonksiyonel beyin ağını nasıl etkilediği incelenmiştir. Şekil 7.6'da ve Şekil 7.7'de teta bandı için kadın beyninin dinlenme durumu bağlantısallık özelliklerinin erkek beynine oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum teta bandı kadar belirgin olmasa da beta bandı içinde geçerlidir. Alfa ve gama bandı için cinsiyetlerin dinlenme durumlarında bir fark gözlemlenmemiştir. COH ve PLV yöntemi için gama bandı dışında diğer bantlar benzer çıktılara sahiptir. Bu bölümde incelenen parametreler göre gama bandı diğer bantlara göre daha ayırt edici özelliğe sahiptir. Bu duruma gama bandı dışındaki diğer bantların benzer çıktılar üretmesi neden olmaktadır. Çıktılar sonucunda dinlenme durumunda kadın beyninin erkek beynine göre daha yüksek sayıda bağlantıya sahip olduğu görülmektedir.

Cinsiyet temelli beyin ağlarında bir önceki bölüm de olduğu gibi 0,5 eşik değerinin kritik öneme sahip olduğu görülmüştür. Assortivite değeri kadın ve erkekler için benzer çıktılara sahip olmakla birlikte, PLV yöntemi için gama bandında belirgin bir fark gözlemlenmektedir. Bu bölüm de kadın beyni, erkek beynine göre daha yüksek assortivite değerlerine sahiptir. Alfa bandı diğer bantlar ile kıyaslandığında daha belirgin assortivite değerlerine sahiptir. Bu durum COH yönteminde daha belirgindir.



Şekil 7.6. COH yöntemi için erkek ve kadın gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.



Şekil 7.7. PLV yöntemi için erkek ve kadın gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.

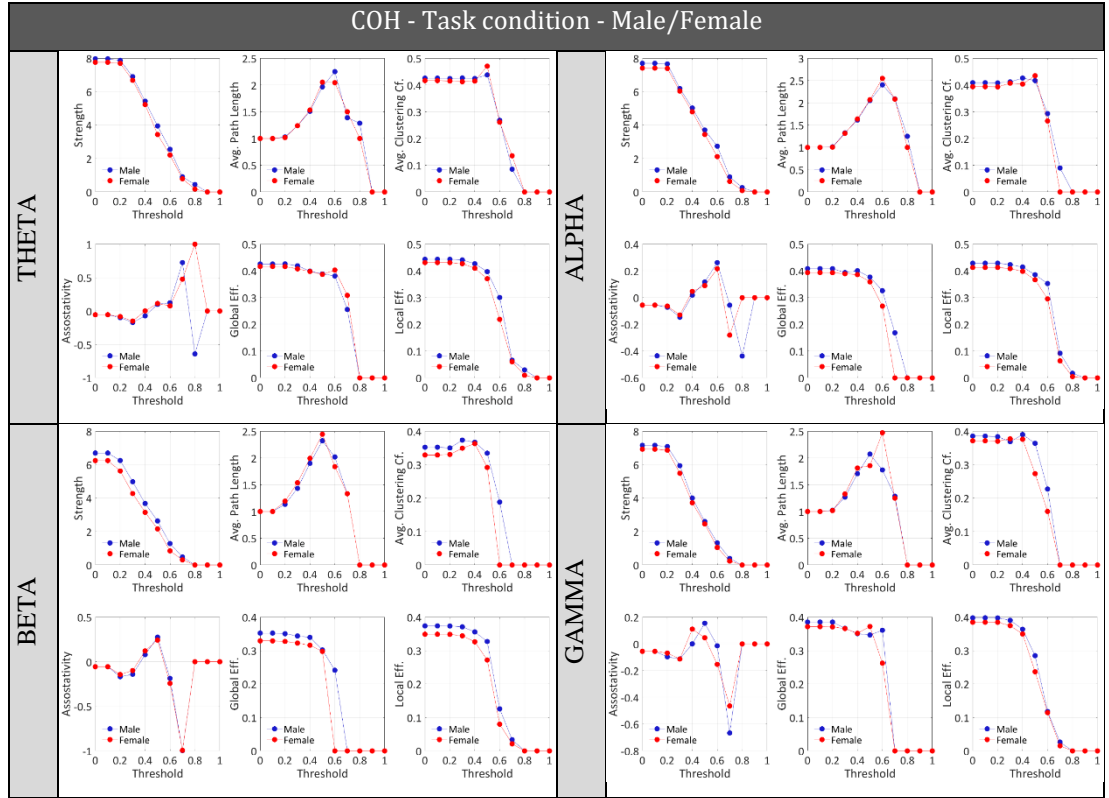
### 7.2.3. Erkekler/Kadınlar İçin Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri

Şekil 7.8’de ve Şekil 7.9’da bilişsel görev performansı durumu için mavi noktalar erkelerden alınan beyin ağı parametrelerini kırmızı noktalar ise kadınlara ait parametreleri temsil etmektedir. Sonuçlar teta, alfa, beta ve gama bantları için ayrı ayrı verilmiştir.

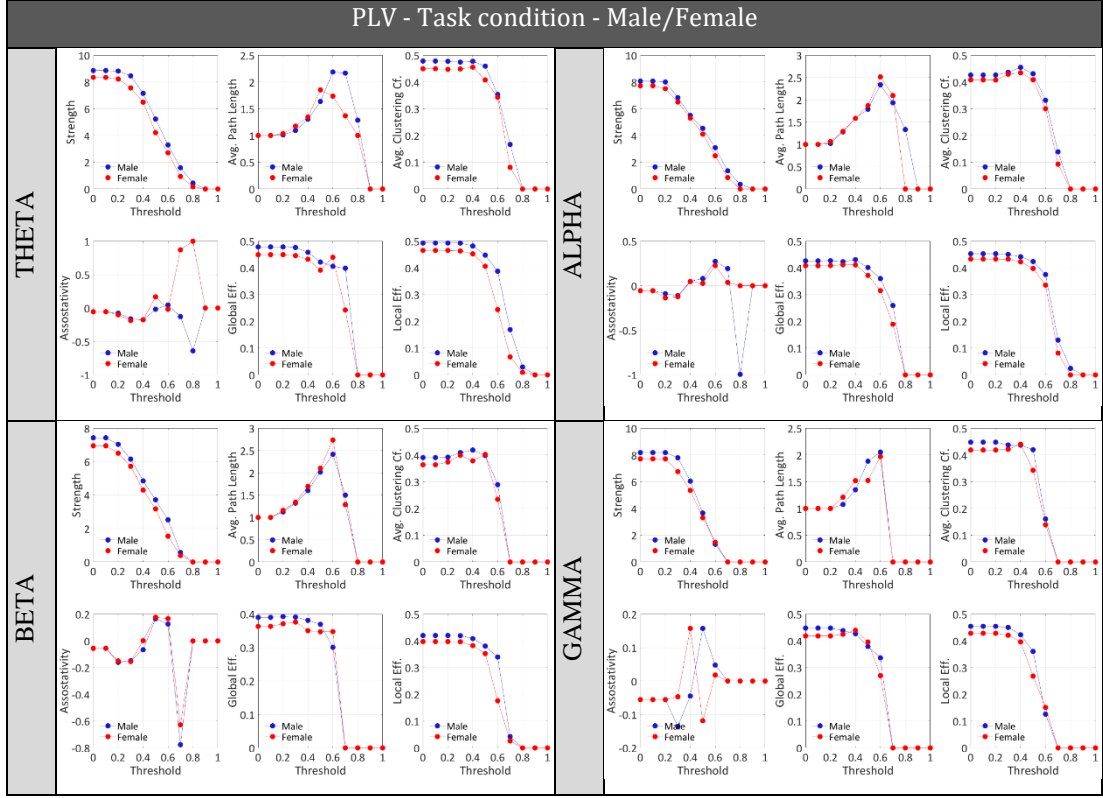
Şekil 7.6’da (COH) ve Şekil 7.7’de (PLV) dinlenme durumu için kadın beyninin erkek beynine oranla daha yüksek bağlantısallık içerdiği görülmüştür. Ancak bilişsel görev performansı için oluşturulan Şekil 7.8’de (COH) ve Şekil 7.9’da (PLV) bu durumun tam tersine dönüştüğü ve erkek beyin kadın beynine göre daha yüksek bağlantısallık gösterdiği gözlemlenmiştir. Dinlenme durumundan bilişsel görev performansı durumuna geçişte kadın ve erkek grubunun bağlantı yoğunluğu artmış ancak erkeklerde olan artış miktarı kadınlardan daha yüksek olmuştur. Bu durum hemen hemen tüm bantlarda gerçekleşmiştir. Erkekler için bu ayırt edicilik teta ve beta

bantlarında daha belirgindir. Alfa ve gama bantlarında da küçük olmakla birlikte cinsiyetler arası benzer bir farklılık bulunmaktadır.

Ağ parametrelerinin hesaplanması ile görülen erkek beyninin bilişsel görev performansı verilerinin kadın beynine oranla daha yüksek olması bir önceki bölümde komşuluk matrisleri üzerinden yapılan çıkarımları doğrulamaktadır. Grafikler incelendiğinde assortivite değerinin bazı bantlar dışında cinsiyetler arasında benzer olduğu ve bilişsel görev koşulu altında erkek beynin daha yüksek verimlilik değerlerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 7.8. COH yöntemi için erkek ve kadın gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.



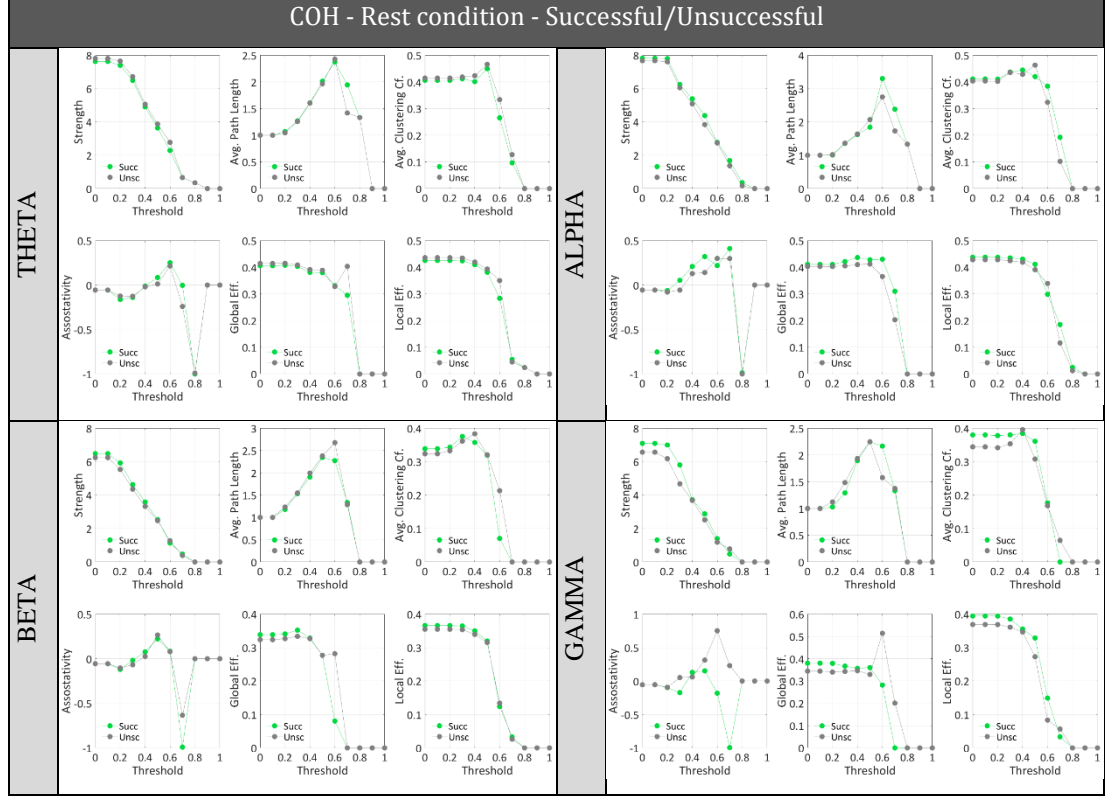
Şekil 7.9. PLV yöntemi için erkek ve kadın gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.

#### 7.2.4. Bilişsel Görev Esnasında Başarılı/Başarısızlar İçin Dinlenme Durumu Ağ Parametreleri

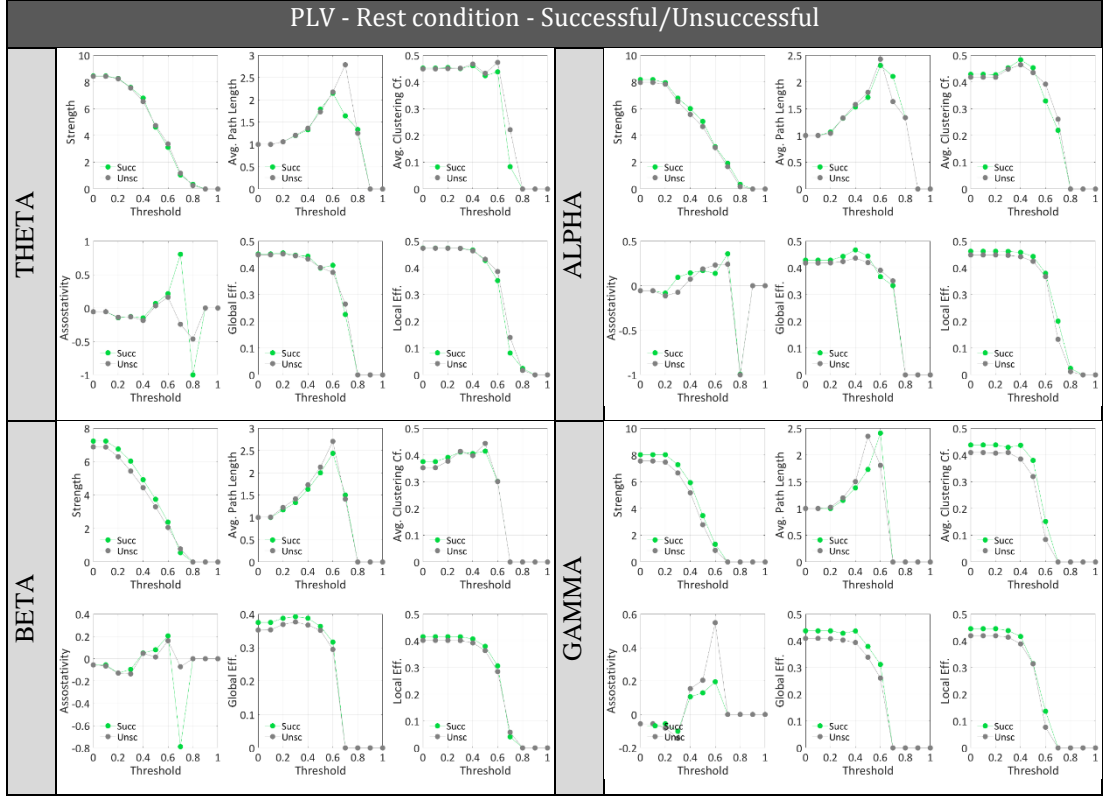
Şekil 7.10'da (COH) ve Şekil 7.11'de (PLV) dinlenme durumu için yeşil noktalar başarılı gönüllüler grubunun beyin ağı parametrelerini gri noktalar ise başarısız gönüllüler grubunun ait parametreleri temsil etmektedir. Sonuçlar teta, alfa, beta ve gama bantları için ayrı ayrı verilmiştir.

Şekil 7.10'da (COH) ve Şekil 7.11'de (PLV) bilişsel görevler sırasında başarılı olan beyinlerin başarısız olanlara göre daha yüksek bağlantısallık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu durum teta bandı dışında tüm bantlar için geçerlidir. Dinlenme durumunda oluşan beyin bağlantılarının zekaya ilişkin iyi bir ayırıcı olduğu gözlenmiştir. Bu fark en çok gama bandında ortaya çıkmaktadır. Alfa ve beta bandı için fark küçük olmasına rağmen başarılı bireylerin beyin ağları daha bağlantılıdır. Bu sonuçlar ile dinlenme durumu gama bandı bağlantısallığın başarılı bilişsel süreçlerin iyi bir göstergesi olduğu görülmüştür. Ayrıca gama bandında assortivite için diğer ağ

ölçütlerine göre gruplar arasında belirgin bir fark gözlemlenmiştir. Bu durum gama bandı için başarısız bireylerin beyinlerin daha yüksek assortivite değerine sahip ağ oluşturduğunu ifade etmektedir.



Şekil 7.10. COH yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.



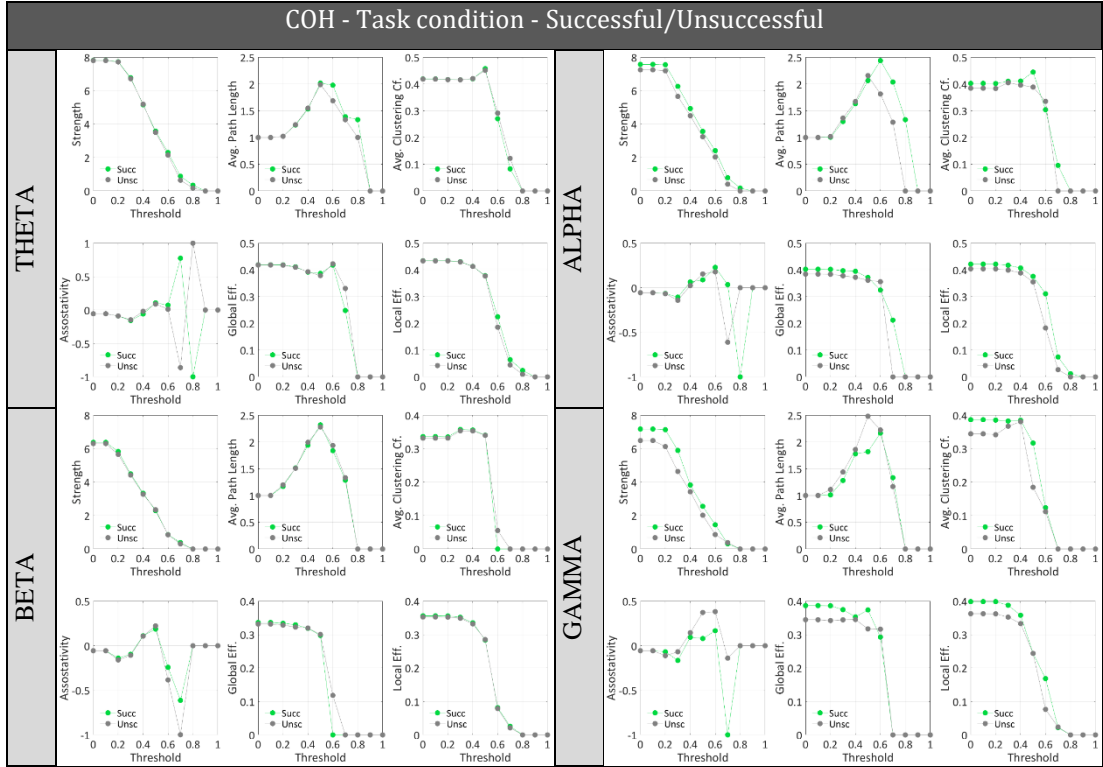
Şekil 7.11. PLV yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.

## 7.2.5. Bilişsel Görev Esnasında Başarılı/Başarısızlar İçin Bilişsel Görev Durumu Ağ Parametreleri

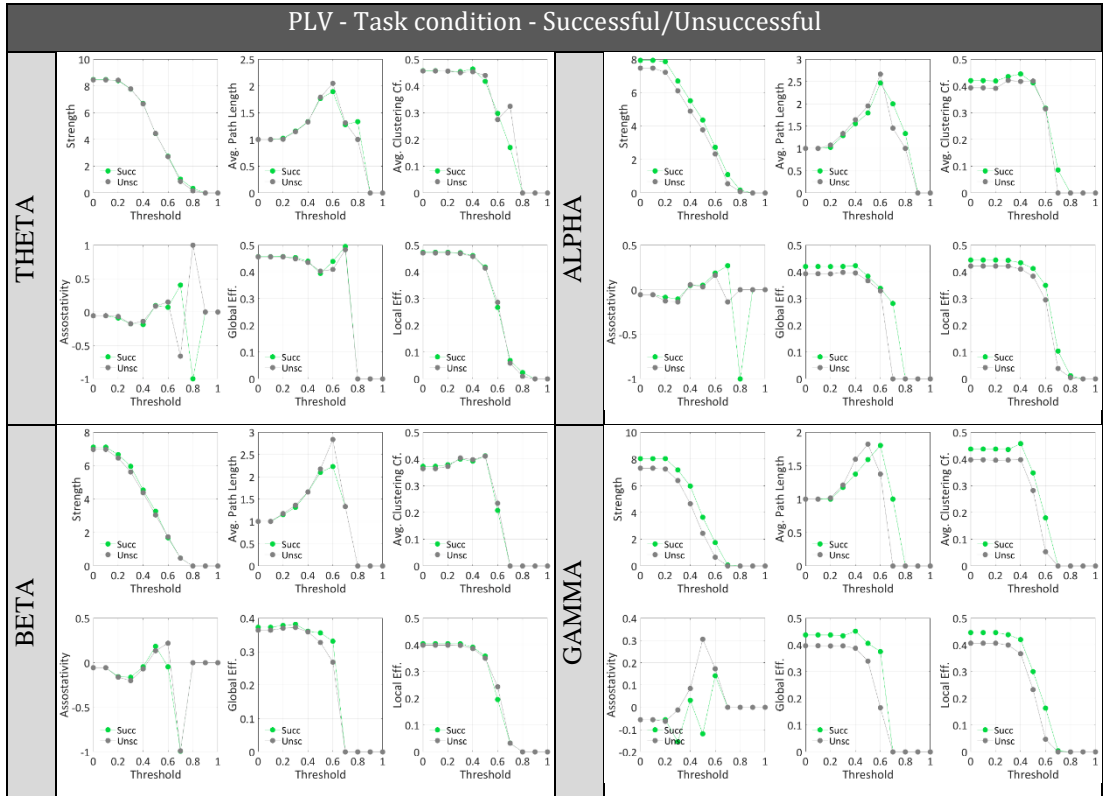
Şekil 7.12’de (COH) ve Şekil 7.13’te (PLV) bilişsel görev performansı durumu için yeşil noktalar başarılı gönüllüler grubunun beyin ağı parametrelerini gri noktalar ise başarısız gönüllüler grubuna ait parametreleri temsil etmektedir. Sonuçlar teta, alfa, beta ve gama bantları için ayrı ayrı verilmiştir.

Şekil 7.12’de (COH) ve Şekil 7.13’te (PLV) verilen bilişsel görev performansı sırasında alınan fonksiyonel beyin ağı parametrelerine göre gama bandı dinlenme durumunda olduğu gibi bu durum içinde yüksek ayırt ediciliğe sahiptir. Ayrıca gama bandı için bilişsel olarak başarılı bireyler başarısız olanlara oranla daha yüksek beyin bağlantısallığı göstermektedir. Ayrıca bu durum küçük bir farkla alfa bandı için de gözlemlenmiştir. Teta ve beta bantlarında anlamlı bir fark görülmemiştir. Gama bandında başarısız bireylerin beyin ağları daha yüksek asortitivite değerine sahiptir. Bu değerler aynı grubun dinlenme durumu asortitivite değeri ile benzerdir. Bu nedenle gama bandı değerlerinin incelenmesi ile zekâ düzeyi hakkında çıkarımlar yapılabileceği düşünülmektedir.





Şekil 7.12. COH yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.



Şekil 7.13. PLV yöntemi için başarılı ve başarısız gruplarında bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değişimi.

### 7.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde ağ parametreleri karşılaştırılan denek gruplarının, EEG bantları için hesaplanan ağ parametreleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığına dair yapılan istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir. “Rest” dinlenme ve “Task” bilişsel görev performansı durumunu göstermektedir. COH ve PLV yöntemlerinde gruplar ve tüm bantlar için “0,5” eşik değerinin karşılaştırılan ağlar üzerinde ayırt edici olduğu görülmüştür. Bu nedenle istatistiksel testler bu eşik değeri koşulu altında gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırılan her grup için ortalama ve standart sapma değerleri verilmiştir. İlgili tablo içerisinde her parametre için parantez içerisinde yazılan değer standart sapma ve bu değer solunda kalan ise ortalama değeridir. COH ve PLV yöntemleri için ayrı ayrı  $t$  ve  $p$  değerleri verilmiştir.  $p$  değeri istatistiksel anlamlılık test sonucudur.  $p < 0,05$  değerine sahip ağ parametreleri arasında anlamlı fark olduğu kabul edilmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan parametreler koyu renk ile yazılmıştır.

Çizelge 7.1. Tüm gönüllülerin dinlenme ve bilişsel görev performansı durumu için istatistiksel sonuçlar.

ALL SUBJECTS REST TO TASK		[COH]				[PLV]			
Threshold = 0.5		Rest	Task	$t$	$p$	Rest	Task	$t$	$p$
Theta	Strength	4,115 (1,499)	3,996 (1,480)	0,450	0,655	5,349 (1,900)	5,092 (1,813)	0,834	0,410
	Avg. Path Len.	1,874 (0,272)	1,842 (0,226)	0,685	0,498	1,686 (0,264)	1,677 (0,240)	0,197	0,845
	Avg. Clus. Cf.	0,413 (0,082)	0,400 (0,085)	0,811	0,423	0,467 (0,074)	0,448 (0,082)	1,187	0,243
	Assortativity	0,059 (0,120)	0,015 (0,126)	1,640	0,110	-0,001 (0,138)	-0,024 (0,123)	0,943	0,352
	Glo. Efficiency	0,374 (0,094)	0,362 (0,084)	0,753	0,456	0,435 (0,088)	0,418 (0,086)	1,075	0,290
	Loc. Efficiency	0,523 (0,103)	0,498 (0,093)	1,357	0,183	0,570 (0,071)	0,543 (0,085)	1,755	0,088
Alpha	Strength	<b>4,291 (1,087)</b>	<b>3,761 (1,224)</b>	<b>2,860</b>	<b>0,007</b>	<b>5,028 (1,192)</b>	<b>4,484 (1,391)</b>	<b>2,510</b>	<b>0,017</b>
	Avg. Path Len.	2,007 (0,380)	2,061 (0,394)	-0,798	0,430	1,835 (0,352)	1,880 (0,316)	-0,898	0,375
	Avg. Clus. Cf.	<b>0,444 (0,063)</b>	<b>0,409 (0,091)</b>	<b>2,789</b>	<b>0,008</b>	<b>0,482 (0,053)</b>	<b>0,434 (0,084)</b>	<b>3,862</b>	<b>0,001</b>
	Assortativity	0,222 (0,215)	0,159 (0,180)	1,752	0,088	0,178 (0,189)	0,147 (0,180)	0,865	0,393
	Glo. Efficiency	<b>0,397 (0,070)</b>	<b>0,356 (0,088)</b>	<b>3,397</b>	<b>0,002</b>	<b>0,437 (0,062)</b>	<b>0,400 (0,084)</b>	<b>3,014</b>	<b>0,005</b>
	Loc. Efficiency	<b>0,564 (0,084)</b>	<b>0,513 (0,118)</b>	<b>3,106</b>	<b>0,004</b>	<b>0,601 (0,059)</b>	<b>0,549 (0,094)</b>	<b>3,643</b>	<b>0,001</b>
Beta	Strength	<b>2,640 (0,897)</b>	<b>2,366 (0,866)</b>	<b>2,084</b>	<b>0,045</b>	<b>3,652 (0,987)</b>	<b>3,356 (0,966)</b>	<b>2,076</b>	<b>0,045</b>
	Avg. Path Len.	2,269 (0,462)	2,261 (0,287)	0,117	0,907	2,024 (0,262)	2,055 (0,299)	-0,820	0,418
	Avg. Clus. Cf.	0,319 (0,090)	0,301 (0,099)	1,597	0,119	0,396 (0,062)	0,378 (0,073)	1,634	0,111
	Assortativity	0,137 (0,138)	0,102 (0,145)	1,143	0,261	<b>0,114 (0,147)</b>	<b>0,066 (0,113)</b>	<b>2,099</b>	<b>0,043</b>
	Glo. Efficiency	<b>0,290 (0,090)</b>	<b>0,261 (0,088)</b>	<b>2,378</b>	<b>0,023</b>	<b>0,368 (0,066)</b>	<b>0,344 (0,070)</b>	<b>2,455</b>	<b>0,019</b>
	Loc. Efficiency	<b>0,420 (0,124)</b>	<b>0,383 (0,132)</b>	<b>2,229</b>	<b>0,032</b>	<b>0,524 (0,085)</b>	<b>0,490 (0,103)</b>	<b>2,442</b>	<b>0,020</b>
Gamma	Strength	3,796 (1,676)	3,777 (2,836)	0,035	0,973	4,180 (3,387)	4,200 (3,872)	-0,033	0,974
	Avg. Path Len.	2,019 (0,448)	2,014 (0,507)	0,047	0,963	1,403 (0,654)	1,386 (0,572)	0,128	0,899
	Avg. Clus. Cf.	0,404 (0,089)	0,375 (0,141)	1,028	0,311	0,341 (0,222)	0,324 (0,247)	0,389	0,699
	Assortativity	0,148 (0,210)	0,125 (0,211)	0,526	0,602	<b>0,088 (0,255)</b>	<b>0,065 (0,298)</b>	<b>-2,711</b>	<b>0,010</b>
	Glo. Efficiency	0,334 (0,093)	0,319 (0,147)	0,524	0,604	0,310 (0,215)	0,300 (0,236)	0,247	0,806
	Loc. Efficiency	0,491 (0,094)	0,443 (0,146)	1,597	0,119	0,392 (0,250)	0,368 (0,271)	0,491	0,626

Çizelge 7.1’de verildiği gibi tüm gönüllülerin dinlenme durumundan bilişsel görev durumu istatistiksel karşılaştırmalarında alfa ve beta bandında bazı ağ parametreleri için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bu durum COH ve PLV

yöntemi için de gerçekleştirilmiştir. Gama bandı için PLV yönteminde bir parametre için farklılık bulunmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan parametreler koyu renk ile yazılmıştır.

Çizelge 7.2. Başarılı ve Başarısız denekler için dinlenme durumu istatistiksel sonuçlar.

SUCCESS TO UNSUCCESS (REST CONDITION) Threshold = 0.5		[COH]				[PLV]			
	Successful	Unsuccessful	t	p	Successful	Unsuccessful	t	p	
Theta	Strength	4,052 (1,481)	4,278 (1,614)	-0,400	0,692	5,407 (1,996)	5,199 (1,714)	0,290	0,773
	Avg. Path Len.	1,869 (0,267)	1,887 (0,301)	-0,167	0,868	1,679 (0,274)	1,702 (0,249)	-0,233	0,817
	Avg. Clus. Cf.	0,411 (0,080)	0,418 (0,091)	-0,227	0,822	5,407 (1,996)	5,199 (1,714)	0,29	0,773
	Assortativity	0,053 (0,116)	0,075 (0,136)	-0,487	0,629	-0,004 (0,142)	0,009 (0,135)	-0,261	0,796
	Glo. Efficiency	0,370 (0,097)	0,384 (0,091)	-0,417	0,68	0,436 (0,094)	0,432 (0,074)	0,113	0,911
	Loc. Efficiency	0,521 (0,102)	0,527 (0,110)	-0,162	0,872	0,568 (0,077)	0,575 (0,057)	-0,256	0,799
Alpha	Strength	4,396 (1,075)	4,016 (1,126)	0,940	0,354	5,141 (1,163)	4,734 (1,279)	0,916	0,366
	Avg. Path Len.	1,934 (0,269)	2,197 (0,551)	-1,932	0,062	1,785 (0,225)	1,966 (0,560)	-1,396	0,172
	Avg. Clus. Cf.	0,449 (0,065)	0,432 (0,061)	0,725	0,473	0,485 (0,053)	0,475 (0,055)	0,524	0,604
	Assortativity	0,210 (0,215)	0,254 (0,225)	-0,544	0,590	0,177 (0,188)	0,182 (0,201)	-0,069	0,945
	Glo. Efficiency	0,400 (0,071)	0,390 (0,070)	0,384	0,703	0,441 (0,061)	0,427 (0,066)	0,618	0,541
	Loc. Efficiency	0,573 (0,080)	0,543 (0,094)	0,960	0,344	0,603 (0,057)	0,594 (0,069)	0,427	0,672
Beta	Strength	2,673 (0,907)	2,555 (0,914)	0,350	0,728	3,729 (1,010)	3,451 (0,946)	0,751	0,458
	Avg. Path Len.	2,246 (0,415)	2,331 (0,59)	-0,491	0,626	2,000 (0,250)	2,088 (0,296)	-0,896	0,377
	Avg. Clus. Cf.	0,320 (0,083)	0,318 (0,112)	0,077	0,939	0,394 (0,060)	0,400 (0,071)	-0,244	0,808
	Assortativity	0,110 (0,113)	0,207 (0,177)	-1,950	0,059	0,111 (0,123)	0,124 (0,203)	-0,241	0,811
	Glo. Efficiency	0,293 (0,089)	0,281 (0,097)	0,345	0,732	0,373 (0,064)	0,355 (0,074)	0,759	0,453
	Loc. Efficiency	0,421 (0,114)	0,418 (0,152)	0,056	0,956	0,526 (0,081)	0,518 (0,099)	0,27	0,789
Gamma	Strength	3,902 (1,812)	3,522 (1,302)	0,604	0,550	4,443 (3,671)	3,497 (2,544)	0,745	0,461
	Avg. Path Len.	1,971 (0,410)	2,144 (0,537)	-1,037	0,307	1,332 (0,602)	1,589 (0,775)	-1,058	0,298
	Avg. Clus. Cf.	0,404 (0,098)	0,406 (0,066)	-0,08	0,937	0,348 (0,237)	0,322 (0,186)	0,313	0,756
	Assortativity	0,106 (0,212)	0,257 (0,170)	-2,007	0,053	-0,119 (0,284)	-0,008 (0,136)	-1,180	0,246
	Glo. Efficiency	0,341 (0,094)	0,317 (0,092)	0,706	0,485	0,319 (0,230)	0,288 (0,180)	0,378	0,708
	Loc. Efficiency	0,493 (0,103)	0,488 (0,074)	0,142	0,888	0,396 (0,264)	0,379 (0,221)	0,186	0,854

Çizelge 7.2’de verildiği gibi başarılı ve başarısız denekler için dinlenme durumu istatistiksel karşılaştırmalarında anlamlı fark bulunamamıştır.

Çizelge 7.3. Başarılı ve başarısız denekler için bilişsel görev performansı için istatistiksel sonuçlar.

SUCCESS TO UNSUCCESS (TASK CONDITION) Threshold = 0.5		[COH]				[PLV]			
	Successful	Unsuccessful	t	p	Successful	Unsuccessful	t	p	
Theta	Strength	4,060 (1,586)	3,829 (1,223)	0,414	0,681	5,190 (1,955)	4,836 (1,438)	0,518	0,607
	Avg. Path Len.	1,823 (0,227)	1,894 (0,225)	-0,849	0,402	1,659 (0,255)	1,724 (0,200)	-0,726	0,473
	Avg. Clus. Cf.	0,401 (0,083)	0,395 (0,095)	0,199	0,843	0,448 (0,083)	0,450 (0,084)	-0,077	0,939
	Assortativity	0,007 (0,111)	0,038 (0,164)	-0,665	0,511	-0,047 (0,108)	0,034 (0,146)	-1,819	0,078
	Glo. Efficiency	0,363 (0,091)	0,359 (0,068)	0,112	0,911	0,421 (0,092)	0,410 (0,075)	0,335	0,739
	Loc. Efficiency	0,500 (0,092)	0,492 (0,101)	0,224	0,824	0,543 (0,084)	0,545 (0,093)	-0,073	0,942
Alpha	Strength	3,855 (1,174)	3,517 (1,382)	0,737	0,466	4,643 (1,404)	4,073 (1,334)	1,104	0,277
	Avg. Path Len.	2,010 (0,350)	2,194 (0,488)	-1,263	0,215	1,842 (0,316)	1,981 (0,307)	-1,194	0,241
	Avg. Clus. Cf.	0,415 (0,089)	0,393 (0,099)	0,618	0,541	0,441 (0,086)	0,416 (0,079)	0,813	0,422
	Assortativity	0,131 (0,164)	0,229 (0,209)	-1,481	0,148	0,135 (0,178)	0,179 (0,189)	-0,660	0,514
	Glo. Efficiency	0,365 (0,082)	0,334 (0,105)	0,937	0,355	0,406 (0,087)	0,383 (0,075)	0,739	0,465
	Loc. Efficiency	0,523 (0,113)	0,488 (0,132)	0,809	0,424	0,558 (0,097)	0,523 (0,085)	1,021	0,314
Beta	Strength	2,350 (0,813)	2,407 (1,039)	-0,175	0,862	3,354 (0,871)	3,361 (1,233)	-0,020	0,985
	Avg. Path Len.	2,273 (0,313)	2,229 (0,218)	0,410	0,684	2,002 (0,171)	2,192 (0,487)	-1,760	0,087
	Avg. Clus. Cf.	0,303 (0,090)	0,297 (0,125)	0,166	0,869	0,382 (0,072)	0,369 (0,078)	0,490	0,628
	Assortativity	<b>0,073 (0,146)</b>	<b>0,178 (0,116)</b>	<b>-2,049</b>	<b>0,048</b>	<b>0,036 (0,101)</b>	<b>0,146 (0,108)</b>	<b>-2,886</b>	<b>0,007</b>
	Glo. Efficiency	0,261 (0,082)	0,259 (0,106)	0,053	0,958	0,345 (0,066)	0,340 (0,084)	0,197	0,845
	Loc. Efficiency	0,384 (0,123)	0,383 (0,161)	0,014	0,989	0,495 (0,103)	0,475 (0,108)	0,512	0,612
Gamma	Strength	3,945 (3,146)	3,339 (1,870)	0,568	0,573	4,412 (3,797)	3,649 (4,219)	0,525	0,603
	Avg. Path Len.	2,010 (0,547)	2,022 (0,410)	-0,063	0,950	1,458 (0,471)	1,198 (0,778)	1,229	0,228
	Avg. Clus. Cf.	0,389 (0,147)	0,337 (0,124)	0,990	0,329	0,344 (0,240)	0,274 (0,271)	0,752	0,457
	Assortativity	<b>0,048 (0,142)</b>	<b>0,327 (0,234)</b>	<b>-4,375</b>	<b>0,001</b>	0,025 (0,279)	0,168 (0,336)	-1,295	0,204
	Glo. Efficiency	0,330 (0,154)	0,291 (0,130)	0,702	0,487	0,315 (0,230)	0,263 (0,261)	0,589	0,560
	Loc. Efficiency	0,463 (0,146)	0,393 (0,142)	1,286	0,207	0,391 (0,265)	0,309 (0,294)	0,814	0,421

Çizelge 7.3'te verildiği gibi başarılı ve başarısız denekler bilişsel görev performansı durumu için yapılan istatistiksel karşılaştırmalarında Beta bandında bir parametre için istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durum COH ve PLV yöntemi için de gerçekleşmiştir. Gama bandı için COH yönteminde bir parametre için farklılık bulunmuştur. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan parametreler koyu renk ile yazılmıştır.

Çizelge 7.4. Erkek ve Kadın denekler için dinlenme durumu istatistiksel sonuçlar.

	MALE TO FEMALE (REST CONDITION) Threshold = 0.5		[COH]		[PLV]		t	p	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female			
Theta	Strength	3,743 (1,571)	4,110 (2,549)	-0,406	0,688	4,992 (2,427)	5,469 (1,728)	-0,646	0,522
	Avg. Path Len.	1,944 (0,283)	1,851 (0,270)	0,885	0,383	1,751 (0,289)	1,664 (0,258)	0,859	0,396
	Avg. Clus. Cf.	0,376 (0,085)	0,425 (0,079)	-1,595	0,120	0,442 (0,090)	0,475 (0,068)	-1,165	0,252
	Assortativity	0,076 (0,116)	0,053 (0,123)	0,487	0,629	0,010 (0,139)	-0,004 (0,140)	0,254	0,801
	Glo. Efficiency	0,346 (0,094)	0,383 (0,094)	-1,005	0,322	0,414 (0,107)	0,442 (0,082)	-0,803	0,428
	Loc. Efficiency	0,482 (0,104)	0,536 (0,101)	-1,374	0,178	0,549 (0,079)	0,577 (0,068)	-1,018	0,316
Alpha	Strength	4,158 (1,316)	4,335 (1,025)	-0,416	0,680	4,985 (1,310)	5,042 (1,176)	-0,121	0,904
	Avg. Path Len.	2,102 (0,367)	1,975 (0,385)	0,867	0,392	1,786 (0,220)	1,852 (0,388)	-0,481	0,634
	Avg. Clus. Cf.	0,426 (0,085)	0,450 (0,055)	-1,011	0,319	0,478 (0,044)	0,484 (0,057)	-0,260	0,796
	Assortativity	0,297 (0,173)	0,197 (0,225)	1,207	0,236	0,185 (0,120)	0,176 (0,209)	0,111	0,912
	Glo. Efficiency	0,391 (0,085)	0,399 (0,066)	-0,277	0,783	0,439 (0,071)	0,437 (0,060)	0,062	0,951
	Loc. Efficiency	0,541 (0,122)	0,572 (0,069)	-0,942	0,353	0,612 (0,050)	0,597 (0,063)	0,659	0,515
Beta	Strength	2,536 (0,963)	2,675 (0,891)	-0,396	0,694	3,572 (1,189)	3,679 (0,935)	-0,278	0,783
	Avg. Path Len.	2,215 (0,526)	2,287 (0,449)	-0,400	0,692	2,083 (0,371)	2,005 (0,220)	0,773	0,445
	Avg. Clus. Cf.	0,310 (0,085)	0,323 (0,093)	-0,365	0,717	0,376 (0,070)	0,403 (0,059)	-1,125	0,268
	Assortativity	0,139 (0,211)	0,136 (0,110)	0,045	0,964	0,135 (0,163)	0,108 (0,143)	0,482	0,633
	Glo. Efficiency	0,277 (0,109)	0,294 (0,085)	-0,502	0,619	0,359 (0,080)	0,371 (0,062)	-0,472	0,640
	Loc. Efficiency	0,423 (0,126)	0,419 (0,125)	0,087	0,931	0,501 (0,104)	0,532 (0,079)	-0,926	0,361
Gamma	Strength	3,779 (1,174)	3,802 (1,833)	-0,035	0,972	4,662 (4,076)	4,020 (3,198)	0,487	0,629
	Avg. Path Len.	2,001 (0,420)	2,025 (0,464)	-0,137	0,892	1,545 (0,785)	1,356 (0,614)	0,750	0,459
	Avg. Clus. Cf.	0,426 (0,075)	0,397 (0,093)	0,844	0,404	0,383 (0,240)	0,326 (0,218)	0,663	0,512
	Assortativity	0,084 (0,157)	0,170 (0,224)	-1,064	0,295	-0,051 (0,156)	-0,100 (0,281)	0,499	0,621
	Glo. Efficiency	0,331 (0,054)	0,336 (0,103)	-0,128	0,899	0,347 (0,235)	0,298 (0,211)	0,589	0,559
	Loc. Efficiency	0,514 (0,081)	0,484 (0,099)	0,805	0,426	0,433 (0,262)	0,378 (0,249)	0,571	0,572

Çizelge 7.4'te verildiği gibi erkek ve kadın denekler için dinlenme durumu istatistiksel karşılaştırmalarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Çizelge 7.5. Kadın ve Erkek denekler için bilişsel görev performansı için istatistiksel sonuçlar.

	MALE TO FEMALE (TASK CONDITION)		[COH]		[PLV]		t	p	
	Male	Female	Female	Male	Female				
Threshold = 0.5									
Theta	Strength	4,270 (1,658)	3,905 (1,439)	0,636	0,529	5,659 (2,374)	4,902 (1,594)	1,087	0,285
	Avg. Path Len.	1,849 (0,258)	1,840 (0,219)	0,106	0,916	1,643 (0,255)	1,688 (0,239)	-0,480	0,634
	Avg. Clus. Cf.	0,426 (0,082)	0,391 (0,086)	1,088	0,284	0,481 (0,084)	0,438 (0,080)	1,388	0,174
	Assortativity	0,065 (0,165)	-0,001 (0,109)	1,390	0,173	-0,007 (0,147)	-0,030 (0,117)	0,472	0,640
	Glo. Efficiency	0,380 (0,084)	0,356 (0,085)	0,734	0,468	0,443 (0,098)	0,409 (0,083)	1,020	0,315
	Loc. Efficiency	0,532 (0,072)	0,486 (0,098)	1,295	0,204	0,569 (0,073)	0,535 (0,089)	1,033	0,309
Alpha	Strength	4,157 (1,503)	3,629 (1,118)	1,125	0,268	4,808 (1,352)	4,377 (1,411)	0,801	0,429
	Avg. Path Len.	2,093 (0,576)	2,051 (0,327)	0,276	0,784	1,813 (0,265)	1,903 (0,332)	-0,730	0,471
	Avg. Clus. Cf.	0,443 (0,062)	0,397 (0,097)	1,329	0,193	0,458 (0,068)	0,426 (0,088)	0,981	0,334
	Assortativity	0,153 (0,218)	0,161 (0,170)	-0,114	0,910	0,135 (0,194)	0,151 (0,178)	-0,230	0,820
	Glo. Efficiency	0,373 (0,108)	0,350 (0,082)	0,669	0,508	0,427 (0,070)	0,391 (0,087)	1,118	0,272
	Loc. Efficiency	0,549 (0,083)	0,501 (0,126)	1,060	0,297	0,580 (0,076)	0,538 (0,099)	1,163	0,253
Beta	<b>Strength</b>	<b>2,846 (1,115)</b>	<b>2,206 (0,722)</b>	<b>2,001</b>	<b>0,05</b>	<b>3,914 (1,225)</b>	<b>3,170 (0,807)</b>	<b>2,095</b>	<b>0,044</b>
	Avg. Path Len.	2,175 (0,226)	2,290 (0,303)	-1,041	0,305	2,061 (0,523)	2,053 (0,190)	0,074	0,942
	Avg. Clus. Cf.	0,337 (0,103)	0,289 (0,097)	1,258	0,217	0,403 (0,062)	0,370 (0,076)	1,198	0,239
	Assortativity	0,159 (0,132)	0,083 (0,147)	1,367	0,180	0,122 (0,113)	0,048 (0,109)	1,746	0,090
	Glo. Efficiency	0,300 (0,099)	0,248 (0,082)	1,556	0,129	0,374 (0,081)	0,333 (0,065)	1,541	0,132
	Loc. Efficiency	0,444 (0,134)	0,363 (0,128)	1,616	0,115	0,530 (0,085)	0,476 (0,107)	1,379	0,177
Gamma	Strength	3,999 (3,002)	3,703 (2,834)	0,268	0,791	4,549 (5,179)	4,084 (3,446)	0,308	0,760
	Avg. Path Len.	2,096 (0,525)	1,986 (0,508)	0,556	0,582	1,448 (0,787)	1,365 (0,499)	0,374	0,711
	Avg. Clus. Cf.	0,392 (0,138)	0,369 (0,144)	0,427	0,672	0,316 (0,305)	0,327 (0,231)	-0,110	0,913
	Assortativity	0,100 (0,164)	0,134 (0,227)	-0,406	0,687	-0,035 (0,155)	-0,045 (0,281)	0,097	0,924
	Glo. Efficiency	0,339 (0,143)	0,312 (0,150)	0,472	0,640	0,303 (0,299)	0,300 (0,219)	0,035	0,972
	Loc. Efficiency	0,458 (0,134)	0,438 (0,152)	0,346	0,731	0,343 (0,326)	0,377 (0,257)	-0,316	0,754

Çizelge 7.5'te verildiği gibi erkek ve kadın denekler için bilişsel görev durumu istatistiksel karşılaştırmalarında beta bandında güç parametresi için istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Bu durum COH ve PLV yöntemi için de gerçekleşmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı bulunan parametreler koyu renk ile yazılmıştır. Bu parametrenin istatistiksel olarak anlamlı çıkması Şekil 7.8'de ve Şekil 7.9'da ulaşılan bazı sonuçları doğrulamaktadır.

#### 7.4. NULL-MODEL ANALİZ SONUÇLARI

Orijinal beyin ağı parametreleri ile null-model ağlardan hesaplanan parametrelerin karşılaştırma sonuçları bu bölümde verilmiştir. İşaretli (\*) değerler, null-model ağdaki ilgili parametrelerin histogram dağılımında sol tarafından alınan değerleri gösterirken diğerleri sağ histogramın sağ tarafından alınan değerleri göstermektedir. Null-modelden önemli ölçüde sapan satırlar veya değerler koyu renk ile verilmiştir.

Çizelge 7.6'da verilen tablo incelendiğinde tüm gönüllerin dinlenme ve bilişsel görev durumlarında rastsallıktan en uzak olan bantların alfa ve beta olduğu görülmektedir. Ortalama yol uzunluğu ve küresel verimlilik parametreleri daha karşılaştırılabilir

çıktılara sahipken, kümeleme, lokal verimlilik ve assortativite parametreleri null-model ağı kıyasla dinlenme ve görev durumu ağlarında daha baskındır.

Çizelge 7.6. Tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması.

ALL SUBJECTS [REST and TASK] TO RANDOMNESS		Rest to Null	Task to Null
Threshold = 0.5		P-value	P-value
Theta	Avg. Path Len.	0,191	0,273
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,004</b>	<b>0,012</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,010</b>	<b>0,021</b>
	Glo. Efficiency	0,181*	0,054*
	Loc. Efficiency	<b>0,033</b>	0,096
Alpha	<b>Avg. Path Len.</b>	<b>0,005</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	Glo. Efficiency	0,204*	<b>0,007*</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0,022</b>
Beta	<b>Avg. Path Len.</b>	<b>0,029</b>	<b>0,029</b>
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,020</b>	<b>0,022</b>
	Glo. Efficiency	0,107*	<b>0,001*</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,002</b>	<b>0,017</b>
Gamma	Avg. Path Len.	0,430	0,430
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,008</b>	<b>0,013</b>
	Glo. Efficiency	0,241	0,493
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>0,001</b>

Çizelge 7.4'te dinlenme durumu için erkekler ve kadınlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak Çizelge 7.7 incelendiğinde erkek ve kadınların dinlenme durumu verileri ile null-model karşılaştırması sonucunda anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Hem kadınlar hem de erkekler için alfa bandında hemen hemen tüm parametreler rastsallıktan uzak anlamlı değerler almaktadır. Diğer bantlarda da daha az parametre ile bu durumun benzeri görülmektedir.

Çizelge 7.7. Erkek/Kadın grupları dinlenme durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması.

REST CONDITION [MALE and FEMALE] TO RANDOMNESS		Male to Null	Female to Null
Threshold = 0.5		P-value	P-value
Theta	Avg. Path Len.	<b>0,007</b>	0,132
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,047</b>	<b>0,002</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,006</b>	<b>0,009</b>
	Glo. Efficiency	<b>0,003*</b>	0,152*
	Loc. Efficiency	0,221	<b>0,035</b>
Alpha	<b>Avg. Path Len.</b>	< 0.001	< 0.001
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	< 0.001	< 0.001
	<b>Assortativity</b>	< 0.001	< 0.001
	<b>Glo. Efficiency</b>	<b>0,001*</b>	<b>0,001*</b>
	Loc. Efficiency	0,102	<b>0,012</b>
Beta	<b>Avg. Path Len.</b>	< 0.001	< 0.001
	Avg. Clus. Cf.	0,060	<b>0,037</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>
	<b>Glo. Efficiency</b>	< 0.001	< 0.001
	Loc. Efficiency	0,319	0,369
Gamma	Avg. Path Len.	0,542	0,447
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	< 0.001	< 0.001
	<b>Assortativity</b>	<b>0,022</b>	<b>0,006</b>
	Glo. Efficiency	0,370	0,370
	<b>Loc. Efficiency</b>	< 0.001	< 0.001

Çizelge 7.8’de verilen bilişsel görev sonuçları ile Çizelge 7.7’de verilen dinlenme durumu sonuçları uyumludur. Her iki cinsiyet içinde özellikle alfa bandında alınan sonuçlar anlamlı ve rastsalıktan uzaktır. Diğer bantlar daha az parametre ile bu durumu desteklemektedir.

Çizelge 7.8. Erkek/Kadın grupları bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması.

TASK CONDITION [MALE and FEMALE] TO RANDOMNESS		Male to Null	Female to Null
Threshold = 0.5		P-value	P-value
Theta	Avg. Path Len.	0,368	0,368
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,002</b>	<b>0,010</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,008</b>	<b>0,026</b>
	Glo. Efficiency	0,483*	0,115*
	Loc. Efficiency	<b>0,013</b>	0,120
Alpha	<b>Avg. Path Len.</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,004</b>	<b>0,003</b>
	Glo. Efficiency	0,113*	<b>0,015*</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,002</b>	<b>0,035</b>
Beta	Avg. Path Len.	0,298	0,087
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0,003</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,013</b>	<b>0,040</b>
	Glo. Efficiency	0,395	<b>0,041*</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>0,012</b>
Gamma	Avg. Path Len.	0,161	0,485
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,005</b>	<b>0,004</b>
	Glo. Efficiency	<b>0,044</b>	0,292
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>&lt; 0.001</b>	<b>&lt; 0.001</b>

Çizelge 7.9’da ve Çizelge 7.10’da verilen null-model karşılaştırmaları incelendiğinde özellikle dinlenme durumunda teta, alfa ve beta bantları için hem başarılı hem de başarısız kişiler de ağ parametreleri anlamlı ve rastsallıktan uzakken bilişsel görev koşulunda bu durum azalmaktadır.



Çizelge 7. 9. Başarılı/Başarısız grupları dinlenme durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması.

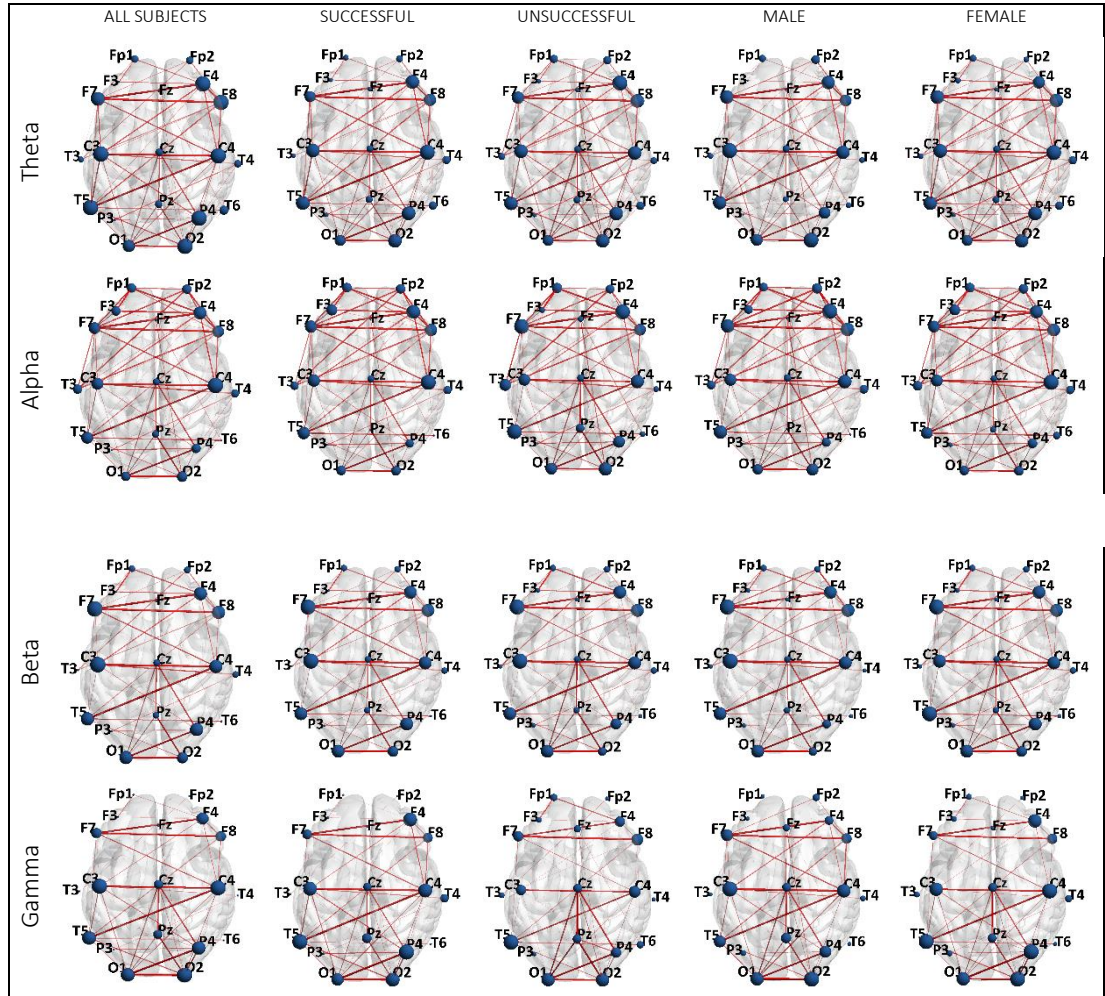
REST CONDITION [SUCCESS and UNSUCCESS] TO RANDOMNESS Threshold = 0.5		Success to Null P-value	Unsuccess to Null P-value
Theta	Avg. Path Len.	0,105	0,054
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,012</b>	<b>0,008</b>
	Glo. Efficiency	<b>0,038*</b>	0,236*
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,050</b>	<b>0,050</b>
Alpha	<b>Avg. Path Len.</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Glo. Efficiency</b>	<b>0,002*</b>	<b>0,002*</b>
	Loc. Efficiency	<b>0,011</b>	0,093
Beta	Avg. Path Len.	<b>0,001</b>	0,065
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,023</b>	<b>0,006</b>
	<b>Glo. Efficiency</b>	<b>0,027*</b>	<b>0,022*</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,004</b>	<b>0,004</b>
Gamma	Avg. Path Len.	0,420*	0,100
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	Assortativity	0,052	<b>0,002</b>
	Glo. Efficiency	0,296	0,333*
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>

Çizelge 7.10. Başarılı/Başarısız grupları bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin random null-model ile karşılaştırılması.

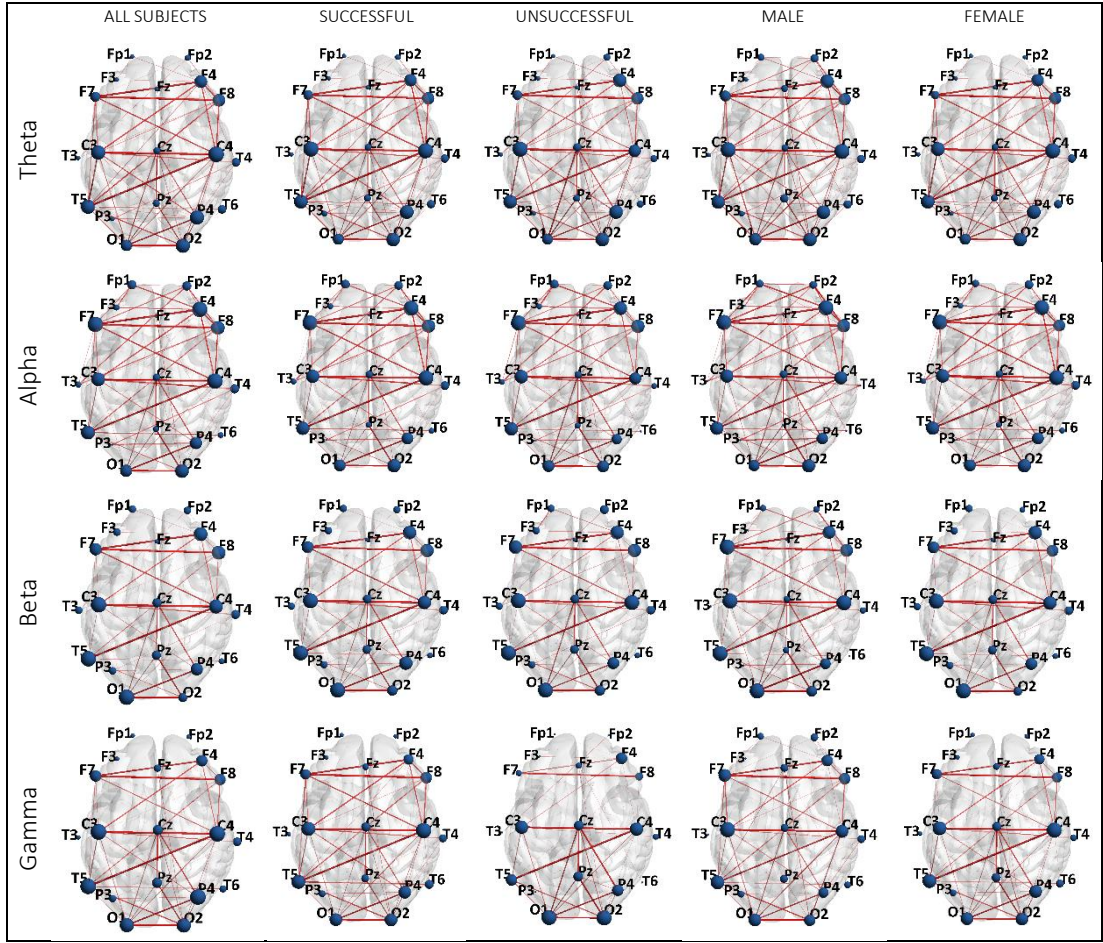
TASK CONDITION [SUCCESS and UNSUCCESS] TO RANDOMNESS Threshold = 0.5		Success to Null P-value	Unsuccess to Null P-value
Theta	Avg. Path Len.	0,510	0,053
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,011</b>	<b>0,012</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,009</b>	<b>0,006</b>
	Glo. Efficiency	0,131*	0,114*
	Loc. Efficiency	0,059	0,090
Alpha	<b>Avg. Path Len.</b>	<b>0,004</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Glo. Efficiency</b>	<b>0,021*</b>	<b>0,005*</b>
	Loc. Efficiency	<b>0,016</b>	0,074
Beta	Avg. Path Len.	0,136	0,194
	<b>Avg. Clus. Cf.</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>
	Assortativity	0,052	<b>0,013</b>
	Glo. Efficiency	0,118*	0,098*
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,007</b>	<b>0,007</b>
Gamma	Avg. Path Len.	0,388	0,189
	Avg. Clus. Cf.	0,189	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Assortativity</b>	<b>0,016</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Glo. Efficiency</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>
	<b>Loc. Efficiency</b>	<b>0,031</b>	<b>0,019</b>

## 7.5. BEYİN AĞI GÖRSELLEŞTİRMELERİ

Şekil 7.14'te ve Şekil 7.15'te 0,5 eşik değeri için elde edilen beyin ağı görselleri verilmiştir. Bu görseller ile nümerik olarak hesaplanan değerlerin daha anlaşılır olarak sunulması sağlamaktadır.



Şekil 7.14. Dinlenme durumunda fonksiyonel beyin ağı görselleştirmeleri.



Şekil 7.15. Bilişsel görev durumunda fonksiyonel beyin ağı görselleştirmeleri.

## BÖLÜM 8

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 8.1. SONUÇLAR

Tez çalışması kapsamında EEG sinyalleri kullanılarak gerçekleştirilen fonksiyonel beyin ağı analizleri ile aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Komşuluk matrisleri ve ağ parametreleri ile yapılan hesaplamalar ile dinlenme durumunda kadın beyninin fonksiyonel bağlantısallığının erkeklere göre daha yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Ancak dinlenme durumundan bilişsel görev performansı durumuna geçişle birlikte erkek beyni kadın beynine oranla daha yüksek bağlantısallık göstermeye başlamaktadır. Dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçişle her iki cinsiyet için bağlantı değerleri artmış ancak erkek beyninin değerlerindeki artış daha yüksek miktarda gerçekleşmiştir. Bu durum hemen hemen tüm bantlarda gözlenmektedir.
- Bilişsel görevlerde başarılı ve başarısız bireylerin dinlenme durumunda beyin bağlantısallığı incelendiğinde, başarılı olan bireylerin dinlenme durumunda beyin bağlantısallığının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum zeki beyinlerin dinlenme durumunda bile aktif olarak çalıştıklarının bir göstergesi olabilir. Bu durum teta bandı dışındaki tüm bantlar için geçerlidir. İki grup arasındaki en yüksek fark gama bandında gözlemlenmiştir. Dinlenme durumunda oluşan ağ parametreleri zekâ ile ilişkili özelliklere sahip olabilirler. Gama bandının zekâ düzeylerinin belirlenmesi ilgili çalışmalarında ayırt edici olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.
- Bilişsel görevlerde başarılı ve başarısız bireylerin görev performansı durumunda beyin bağlantısallığı incelendiğinde, dinlenme durumunda elde edilen sonuçlar ile benzer çıktılarının olduğu görülmüştür.

- Bilişsel süreçlerde başarılı bireylere ait beyin bağlantısallığının başarısız bireylere oranla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Gama bandı için bu ayrımın en yüksek oranda gerçekleştiği görülmüştür. Teta ve beta bantları için anlamlı bir fark görülmemiştir.
- Tüm gönüllülerin dinlenme durumundan bilişsel görev durumuna geçişte beynin sahip olduğu bağlantı miktarının arttığı görülmüştür. Bu durum en fazla alfa bandında gözlemlenmiştir. Bu durum beynin doğası gereği dinlenme durumunda ortaya çıkan alfa bandı dalgalarının bilişsel süreçlere geçişle birlikte kaybolmasıyla ilişkilidir.

## 8.2. ÖNERİLER

Beyin bağlantı dinamikleri alanında gerçekleştirilen sinirbilim araştırmalarıyla elde edilecek bilgilerin gelecekteki teknolojik gelişmelere ışık tutacağı düşünülmektedir. Özellikle insan makine etkileşiminin daha çok arttığı günümüzde bu alan ülkemiz için kazanılması gereken hassas teknolojileri içermektedir.

Sağlıklı ve çeşitli hastalıkları olan beyinler üzerinde bağlantısallık araştırmaları gerçekleştirilebilmektedir. Sağlıklı bireylerde yapılan araştırmalar ile öğrenme, zekâ, hafıza ve odaklanma gibi olaylar sırasında beyin fonksiyonel ağının değişimi incelenerek bu süreçlerin başarısının sınıflandırılmasının önü açılacaktır. Hasta beyinlerde yapılacak beyin ağı çalışmaları ile elde edilecek bilgi birikiminin çeşitli hastalıklarının tedavisinde ve özellikle erken teşhisinde kullanılabilir. Alzheimer, epilepsi ve demans gibi hastalıklar başlangıç seviyesindeyken beynin bağlantısallığının bozulmaya başladığı bilinmektedir. Bu nedenle, ağ bilimi temeline dayanan yöntemlerin kullanılması ile teşhisi zor olan beyin hastalıklarının tespitinin daha hızlı ve kolay hale gelebileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak literatürdeki birçok çalışmada hastalık özellikleri taşıyan beyinlerde graf parametrelerinin farklılık gösterdikleri gözlenmektedir. Bu parametrelerinin ayırt edici olanları kullanılarak doktorların muayene bulgularını destekleyici ve karar vermeyi kolaylaştırıcı yazılımlar tasarlanabilecektir. Gelecekte ağ bilimi çıktılarına kullanan ve hastalıkların erken teşhisini amaçlayan akıllı sınıflandırma sistemlerinin geliştirilebileceği ön görülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Fornito, A., Zalesky, A., and Breakspear, M., "Graph analysis of the human connectome: Promise, progress, and pitfalls", *NeuroImage*, 80: 426–444 (2013).
2. Carter, R., Aldridge, S., Page, M., and Parker, S., "The Human Brain Book, An Illustrated Guide to Its Structure, Function, and Disorders", Penguin, 3rd. Ed., *DK Publishing*, New York, 6–17 (2009).
3. Sporns, O., Tononi, G., and Kötter, R., "The human connectome: A structural description of the human brain", *PLoS Computational Biology*, 1 (4): 0245–0251 (2005).
4. Rubinov, M. and Sporns, O., "Weight-conserving characterization of complex functional brain networks", *NeuroImage*, 56 (4): 2068–2079 (2011).
5. Betzel, R. F., Avena-Koenigsberger, A., Goñi, J., He, Y., de Reus, M. A., Griffa, A., Vértes, P. E., Mišić, B., Thiran, J. P., Hagmann, P., van den Heuvel, M., Zuo, X. N., Bullmore, E. T., and Sporns, O., "Generative models of the human connectome", *NeuroImage*, 124: 1054–1064 (2016).
6. Friston, K. J., "Functional and Effective Connectivity: A Review", *Brain Connectivity*, 1 (1): 13–36 (2011).
7. Olejarczyk, E. and Jernajczyk, W., "Graph-based analysis of brain connectivity in schizophrenia", *PLOS ONE*, 12 (11): e0188629 (2017).
8. delEtoile, J. and Adeli, H., "Graph Theory and Brain Connectivity in Alzheimer's Disease", *Neuroscientist*, 23 (6): 616–626 (2017).
9. Miraglia, F., Vecchio, F., and Rossini, P. M., "Searching for signs of aging and dementia in EEG through network analysis", *Behavioural Brain Research*, 317: 292–300 (2017).
10. Bernhardt, B. C., Bonilha, L., and Gross, D. W., "Network analysis for a network disorder: The emerging role of graph theory in the study of epilepsy", *Epilepsy And Behavior*, 50: 162–170 (2015).
11. Lee, Y. Y. and Hsieh, S., "Classifying different emotional states by means of eegbased functional connectivity patterns", *PLoS ONE*, 9 (4): (2014).
12. Pérez, A., Gillon Dowens, M., Molinaro, N., Iturria-Medina, Y., Barraza, P., García-Pentón, L., and Carreiras, M., "Complex brain network properties in late L2 learners and native speakers", *Neuropsychologia*, 68: 209–217 (2015).
13. Van Den Heuvel, M. P., Stam, C. J., Kahn, R. S., and Hulshoff Pol, H. E., "Efficiency of functional brain networks and intellectual performance", *Journal Of Neuroscience*, 29 (23): 7619–7624 (2009).
14. Wu, K., Taki, Y., Sato, K., Hashizume, H., Sassa, Y., Takeuchi, H., Thyreau, B., He, Y., Evans, A. C., Li, X., Kawashima, R., and Fukuda, H., "Topological Organization of Functional Brain Networks in Healthy Children: Differences in Relation to Age, Sex, and Intelligence", *PLoS ONE*, 8 (2): 1–14 (2013).
15. Ward, J., "The Student's Guide to Cognitive Neuroscience", 3<sup>rd</sup> Ed., *Psychology Press*, Sussex, 1–80 (2015).
16. Akil, H., Martone, M. E., and Van Essen, D. C., "Challenges and opportunities in mining neuroscience data", *Science*, 331 (6018): 708–712 (2011).

17. Cohen, M. X., "It's about time", *Frontiers In Human Neuroscience*, 5: 1–16 (2011).
18. Power, J. D., Fair, D. A., Schlaggar, B. L., and Petersen, S. E., "The Development of Human Functional Brain Networks", *Neuron*, 67 (5): 735–748 (2010).
19. Bear, M. F., Connors, B. W., and Paradiso, M. A., "Neuroscience: Exploring the Brain", Neuroscience: Exploring the Brain: Fourth Edition, 4th ed. Ed., *Wolters Kluwer*, Philadelphia, 13–21, 180–190, 223, 646–658 (2016).
20. van den Heuvel, M. P., Bullmore, E. T., and Sporns, O., "Comparative Connectomics", *Trends In Cognitive Sciences*, 20 (5): 345–361 (2016).
21. Alvino, L., Pavone, L., Abhishta, A., and Robben, H., "Picking Your Brains: Where and How Neuroscience Tools Can Enhance Marketing Research", *Frontiers In Neuroscience*, 14: 1–25 (2020).
22. Meier, J., Tewarie, P., Hillebrand, A., Douw, L., Van Dijk, B. W., Stufflebeam, S. M., and Van Mieghem, P., "A Mapping between Structural and Functional Brain Networks", *Brain Connectivity*, 6 (4): 298–311 (2016).
23. Yeh, C. H., Jones, D. K., Liang, X., Descoteaux, M., and Connelly, A., "Mapping Structural Connectivity Using Diffusion MRI: Challenges and Opportunities", *Journal Of Magnetic Resonance Imaging*, 53 (6): 1666–1682 (2021).
24. Diykh, M. and Li, Y., "Complex networks approach for EEG signal sleep stages classification", *Expert Systems With Applications*, 63: 241–248 (2016).
25. Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C. K., and Stanley, H. E., "PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals.", *Circulation*, 101 (23): e215–e220 (2000).
26. Internet: "EEG During Mental Arithmetic Tasks", <https://www.physionet.org/content/eegmat/1.0.0/> (2021).
27. Zyma, I., Tukaev, S., Seleznov, I., Kiyono, K., Popov, A., Chernykh, M., and Shpenkov, O., "Electroencephalograms during mental arithmetic task performance", *Data*, 4 (1): 1–6 (2019).
28. Fornito, A., Zalesky, A., and Bullmore, E. T., "Fundamentals of Brain Network Analysis", Fundamentals of Brain Network Analysis, *Elsevier Inc.*, 1–3, 95–98, 421–432, 355–382 (2016).
29. He, Y. and Evans, A., "Graph theoretical modeling of brain connectivity", *Current Opinion In Neurology*, 23 (4): 341–350 (2010).
30. Leergaard, T. B., Hilgetag, C. C., and Sporns, O., "Mapping the connectome: Multi-level analysis of brain connectivity", *Frontiers In Neuroinformatics*, 6: 1–6 (2012).
31. Albert, R. and Barabási, A. L., "Statistical mechanics of complex networks", *Reviews Of Modern Physics*, 74 (1): 47–97 (2002).
32. Bin, S., Sun, G., and Chen, C. C., "Analysis of functional brain network based on electroencephalography and complex network", *Microsystem Technologies*, 27 (4): 1525–1533 (2021).
33. Türker, A. and Albayrak, Z., "Spreading in scale-free computer networks with improved clustering", *International Journal Of Modern Physics B*, 32 (28): 1–15 (2018).
34. Tomassini, M. and Luthi, L., "Empirical analysis of the evolution of a scientific

- collaboration network", *Physica A: Statistical Mechanics And Its Applications*, 385 (2): 750–764 (2007).
35. Liu, H. T. and Li, W. W., "Language clusters based on linguistic complex networks", *Chinese Science Bulletin*, 55 (30): 3458–3465 (2010).
  36. Rubinov, M. and Sporns, O., "Complex network measures of brain connectivity: Uses and interpretations", *NeuroImage*, 52 (3): 1059–1069 (2010).
  37. Ho, T. C., Dennis, E. L., Thompson, P. M., and Gotlib, I. H., "Network-based approaches to examining stress in the adolescent brain", *Neurobiology Of Stress*, 8: 147–157 (2018).
  38. Internet: "Brain Connectivity Toolbox", <https://sites.google.com/site/bctnet/Home> (2021).
  39. Kaiser, M., "A tutorial in connectome analysis: Topological and spatial features of brain networks", *NeuroImage*, 57 (3): 892–907 (2011).
  40. Gerhard, S., Daducci, A., Lemkaddem, A., Meuli, R., Thiran, J. P., and Hagmann, P., "The connectome viewer toolkit: An open source framework to manage, analyze, and visualize connectomes", *Frontiers In Neuroinformatics*, 5: 1–15 (2011).
  41. Sporns, O., "Structure and function of complex brain networks", *Dialogues In Clinical Neuroscience*, 15 (3): 247–262 (2013).
  42. Bullmore, E. and Sporns, O., "Complex brain networks: Graph theoretical analysis of structural and functional systems", *Nature Reviews Neuroscience*, 10: 186–198 (2009).
  43. Sporns, O., "Networks of the Brain", *Networks of the Brain*, MIT Press, 31–50, 327–329 (2011).
  44. Niso, G., Bruña, R., Pereda, E., Gutiérrez, R., Bajo, R., Maestú, F., and Del-Pozo, F., "HERMES: Towards an integrated toolbox to characterize functional and effective brain connectivity", *Neuroinformatics*, 11: 405–434 (2013).
  45. Di, X., Gohel, S., Kim, E. H., and Biswal, B. B., "Task vs. rest-different network configurations between the coactivation and the resting-state brain networks", *Frontiers In Human Neuroscience*, 7: 1–9 (2013).
  46. Rojas, G. M., Alvarez, C., Montoya, C. E., de la Iglesia-Vayá, M., Cisternas, J. E., and Gálvez, M., "Study of resting-state functional connectivity networks using EEG electrodes position as seed", *Frontiers In Neuroscience*, 12: 1–12 (2018).
  47. Glomb, K., Mullier, E., Carboni, M., Rubega, M., Iannotti, G., Tourbier, S., Seeber, M., Vulliemoz, S., and Hagmann, P., "Using structural connectivity to augment community structure in EEG functional connectivity", *Network Neuroscience*, 4 (3): 761–787 (2020).
  48. Kabbara, A., Paban, V., and Hassan, M., "The dynamic modular fingerprints of the human brain at rest", *NeuroImage*, 227: 1–13 (2021).
  49. Abbas, A. K., Azemi, G., Ravanshadi, S., and Omidvarnia, A., "An EEG-based methodology for the estimation of functional brain connectivity networks: Application to the analysis of newborn EEG seizure", *Biomedical Signal Processing And Control*, 63: 1–9 (2021).
  50. Zhao, T., Xu, Y., and He, Y., "Graph theoretical modeling of baby brain networks", *NeuroImage*, 185: 711–727 (2019).
  51. Turk, E., van den Heuvel, M. I., Benders, M. J., de Heus, R., Franx, A., Manning, J. H., Hect, J. L., Hernandez-Andrade, E., Hassan, S. S., Romero, R.,



- Kahn, R. S., Thomason, M. E., and van den Heuvel, M. P., "Functional connectome of the fetal brain", *Journal Of Neuroscience*, 39 (49): 9716–9724 (2019).
52. González, A., Santapau, M., Gamundí, A., Pereda, E., and González, J. J., "Modifications in the topological structure of eeg functional connectivity networks during listening tonal and atonal concert music in musicians and non-musicians", *Brain Sciences*, 11 (2): 1–26 (2021).
  53. Fornito, A., Zalesky, A., and Breakspear, M., "The connectomics of brain disorders", *Nature Reviews Neuroscience*, 16 (3): 159–172 (2015).
  54. Fornito, A., Zalesky, A., Pantelis, C., and Bullmore, E. T., "Schizophrenia, neuroimaging and connectomics", *NeuroImage*, 62 (4): 2296–2314 (2012).
  55. Finn, E. S., Shen, X., Holahan, J. M., Scheinost, D., Lacadie, C., Papademetris, X., Shaywitz, S. E., Shaywitz, B. A., and Constable, R. T., "Disruption of functional networks in dyslexia: A whole-brain, data-driven analysis of connectivity", *Biological Psychiatry*, 76 (5): 397–404 (2014).
  56. Ma, X., Jiang, G., Fu, S., Fang, J., Wu, Y., Liu, M., Xu, G., and Wang, T., "Enhanced network efficiency of functional brain networks in primary insomnia patients", *Frontiers In Psychiatry*, 9: 1–11 (2018).
  57. Stanley, M. L., Simpson, S. L., Dagenbach, D., Lyday, R. G., Burdette, J. H., and Laurienti, P. J., "Changes in brain network efficiency and working memory performance in aging", *PLoS ONE*, 10 (4): 1–17 (2015).
  58. Watts, D. J. and Strogatz, S. H., "Collective dynamics of 'small-world' networks", *Nature*, 393 (6684): 440–442 (1998).
  59. Zangrossi, A., Zanzotto, G., Lorenzoni, F., Indelicato, G., Cannas Aghedu, F., Cermelli, P., and Bisiacchi, P. S., "Resting-state functional brain connectivity predicts cognitive performance: An exploratory study on a time-based prospective memory task", *Behavioural Brain Research*, 402: 1–9 (2021).
  60. Rita Carter, "How Brain Works: The Facts Visually Explained", *Penguin Random House*, 18–27 (2020).
  61. Bora, İ. and Yeni, S. N., "EEG Atlası", 1st ed. Ed., *Nobel Tip Kitabevi*, 5–15, 18–34 (2012).
  62. Baars, B. J. and Gage, N. M., "Fundamentals of Cognitive Neuroscience: A Beginner's Guide", *Fundamentals of Cognitive Neuroscience: A Beginner's Guide*, 2nd ed. Ed., *Academic Press*, San Diego, 17–52 (2018).
  63. Brown, R. D., "Neuroscience of mathematical cognitive development: From infancy through emerging adulthood", *Neuroscience of Mathematical Cognitive Development: From Infancy Through Emerging Adulthood*, *Springer*, Cham, 21–28 (2018).
  64. Carter, M. and Shieh, J. C., "Guide to Research Techniques in Neuroscience", *Guide to Research Techniques in Neuroscience*, 2nd ed. Ed., *Academic Press Inc.*, 1–35 (2015).
  65. Cohen, M. X., "Where Does EEG Come From and What Does It Mean?", *Trends In Neurosciences*, 40 (4): 208–218 (2017).
  66. Zhuo Huang, "Signal processing in neuroscience", *Signal Processing in Neuroscience*, *Springer*, Singapore, 6–8 (2016).
  67. Das, T., "Consciousness as a Function of Brain Waves and Physical Constant Conscire", *NeuroQuantology*, 15 (3): 1–6 (2017).
  68. Boccaletti, S., Latora, V., Moreno, Y., Chavez, M., and Hwang, D. U., "Complex networks: Structure and dynamics", *Physics Reports*, 424 (4–5):

- 175–308 (2006).
69. Compeau, P. E. C., Pevzner, P. A., and Tesler, G., "How to apply de Bruijn graphs to genome assembly", *Nature Biotechnology*, 29 (11): 987–991 (2011).
  70. Small, M., Hou, L., and Zhang, L., "Random complex networks", *National Science Review*, 1 (3): 357–367 (2014).
  71. Barabási, A. L., "Network Science", 1st. Ed., *Cambridge University Press*, (2016).
  72. Latora, V. and Marchiori, M., "Efficient behavior of small-world networks", *Physical Review Letters*, 87 (19): 198701-1-198701–4 (2001).
  73. Liu, J., Li, M., Pan, Y., Lan, W., Zheng, R., Wu, F. X., and Wang, J., "Complex Brain Network Analysis and Its Applications to Brain Disorders: A Survey", *Complexity*, 2017: 1–28 (2017).
  74. Achard, S. and Bullmore, E., "Efficiency and cost of economical brain functional networks", *PLoS Computational Biology*, 3 (2): 174–183 (2007).
  75. Internet: Sporns, O. and Mikail, R., "Brain Connectivity Toolbox - List of Measures", <https://sites.google.com/site/bctnet/measures/list> (2021).
  76. Paldino, M. J., Zhang, W., Chu, Z. D., and Golriz, F., "Metrics of brain network architecture capture the impact of disease in children with epilepsy", *NeuroImage: Clinical*, 13: 201–208 (2017).
  77. Huang, W., Bolton, T. A. W., Medaglia, J. D., Bassett, D. S., Ribeiro, A., and Van De Ville, D., "A Graph Signal Processing Perspective on Functional Brain Imaging", *Proceedings Of The IEEE*, 106 (5): 868–885 (2018).
  78. Liu, Z.-Q., Zheng, Y.-Q., and Misić, B., "Network topology of the marmoset connectome", *Network Neuroscience*, 4 (4): 1181–1196 (2020).
  79. Sporns, O., "Graph theory methods: Applications in brain networks", *Dialogues In Clinical Neuroscience*, 20 (2): 111–120 (2018).
  80. Langer, N., Pedroni, A., Gianotti, L. R. R., Hänggi, J., Knoch, D., and Jäncke, L., "Functional brain network efficiency predicts intelligence", *Human Brain Mapping*, 33 (6): 1393–1406 (2012).
  81. Michéloyannis, S., "Graph-based network analysis in schizophrenia", *World Journal Of Psychiatry*, 2 (1): 1–12 (2012).
  82. Hart, M. G., Ypma, R. J. F., Romero-Garcia, R., Price, S. J., and Suckling, J., "Graph theory analysis of complex brain networks: New concepts in brain mapping applied to neurosurgery", *Journal Of Neurosurgery*, 124 (6): 1665–1678 (2016).
  83. Meunier, D., Fonlupt, P., Saive, A. L., Plailly, J., Ravel, N., and Royet, J. P., "Modular structure of functional networks in olfactory memory", *NeuroImage*, 95: 264–275 (2014).
  84. Bordier, C., Nicolini, C., and Bifone, A., "Graph analysis and modularity of brain functional connectivity networks: Searching for the optimal threshold", *Frontiers In Neuroscience*, 11: 1–9 (2017).
  85. Roberts, J. A., Perry, A., Roberts, G., Mitchell, P. B., and Breakspear, M., "Consistency-based thresholding of the human connectome", *NeuroImage*, 145: 118–129 (2017).
  86. Internet, "HERMES", <http://hermes.ctb.upm.es/> (2021).
  87. Hassan, M., Shamas, M., Khalil, M., Falou, W. El, and Wendling, F., "EEGNET: An open source tool for analyzing and visualizing M/EEG connectome", *PLoS ONE*, 10 (9): 1–20 (2015).
  88. Wang, J., Wang, X., Xia, M., Liao, X., Evans, A., and He, Y., "GRETNA: A

- graph theoretical network analysis toolbox for imaging connectomics", *Frontiers In Human Neuroscience*, 9: 1–16 (2015).
89. Delorme, A., Mullen, T., Kothe, C., Akalin Acar, Z., Bigdely-Shamlo, N., Vankov, A., and Makeig, S., "EEGLAB, SIFT, NFT, BCILAB, and ERICA: New Tools for Advanced EEG Processing", *Computational Intelligence And Neuroscience*, 2011: 1–12 (2011).
  90. Waller, L., Brovkin, A., Dorfschmidt, L., Bzdok, D., Walter, H., and Kruschwitz, J. D., "GraphVar 2.0: A user-friendly toolbox for machine learning on functional connectivity measures", *Journal Of Neuroscience Methods*, 308: 21–33 (2018).
  91. He, B., Dai, Y., Astolfi, L., Babiloni, F., Yuan, H., and Yang, L., "EConnectome: A MATLAB toolbox for mapping and imaging of brain functional connectivity", *Journal Of Neuroscience Methods*, 195 (2): 261–269 (2011).
  92. Margulies, D. S., Böttger, J., Watanabe, A., and Gorgolewski, K. J., "Visualizing the human connectome", *NeuroImage*, 80: 445–461 (2013).
  93. Xia, M., Wang, J., and He, Y., "BrainNet Viewer: A Network Visualization Tool for Human Brain Connectomics", *PLoS ONE*, 8 (7): 1–15 (2013).
  94. Göttlich, M., Beyer, F., and Krämer, U. M., "Basco: A toolbox for task-related functional connectivity", *Frontiers In Systems Neuroscience*, 9: 1–10 (2015).
  95. Sakkalis, V., Tsiaras, V., and Tollis, I. G., "Graph analysis and visualization for brain function characterization using EEG data", *Journal Of Healthcare Engineering*, 1 (3): 435–459 (2010).
  96. Lachaux, J. P., Rodriguez, E., Martinerie, J., and Varela, F. J., "Measuring phase synchrony in brain signals", *Human Brain Mapping*, 8 (4): 194–208 (1999).
  97. Cleff, T., "Applied Statistics and Multivariate Data Analysis for Business and Economics", *Applied Statistics and Multivariate Data Analysis for Business and Economics*, Springer, 257–261, 271–278, 278–285, 285–292, 292–297 (2019).
  98. Internet, "OpenNeuro", <https://openneuro.org/> (2021).
  99. Internet, "IEEG.Org", <https://www.ieeg.org/> (2021).
  100. Internet, "NITRC", <https://www.nitrc.org> (2021).
  101. Internet, "DEAP", <http://www.eecs.qmul.ac.uk/mmv/datasets/deap/index.html> (2021).
  102. Koelstra, S., Mühl, C., Soleymani, M., Lee, J. S., Yazdani, A., Ebrahimi, T., Pun, T., Nijholt, A., and Patras, I., "DEAP: A database for emotion analysis; Using physiological signals", *IEEE Transactions On Affective Computing*, 3 (1): 18–31 (2012).
  103. Okamoto, M., Dan, H., Sakamoto, K., Takeo, K., Shimizu, K., Kohno, S., Oda, I., Isobe, S., Suzuki, T., Kohyama, K., and Dan, I., "Three-dimensional probabilistic anatomical cranio-cerebral correlation via the international 10-20 system oriented for transcranial functional brain mapping", *NeuroImage*, 21 (1): 99–111 (2004).
  104. Internet, "BrainNet Viewer:", <https://www.nitrc.org/projects/bnv/> (2021).
  105. Demir, S. and Türker, İ., "Arithmetic success and gender-based characterization of brain connectivity across EEG bands", *Biomedical Signal Processing And Control*, 64: 102222 (2021).
  106. Demir, S. and Türker, İ., "Functional Brain Network Analysis Under Cognitive Task", *International Conference On Advanced Technologies, Computer Engineering And Science (ICATCES 2019)*, 124–128 (2019).

## **EK AÇIKLAMALAR**

### **HESAPLANAN TÖM AĞ PARAMETRE DEĞERLERİ**

Çizelge Ek 1.1. COH yöntemi, Teta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - THETA													
	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	
<b>0</b>	7,679	7,811	1,000	1,000	0,408	0,419	0,408	0,419	0,428	0,434	0,408	0,419	
<b>0,1</b>	7,679	7,811	1,000	1,000	0,408	0,419	0,408	0,419	0,428	0,434	0,408	0,419	
<b>0,2</b>	7,464	7,750	1,064	1,018	0,408	0,417	0,410	0,419	0,428	0,434	0,417	0,421	
<b>0,3</b>	6,566	6,765	1,263	1,234	0,416	0,416	0,405	0,411	0,427	0,431	0,452	0,449	
<b>0,4</b>	4,884	5,191	1,614	1,544	0,403	0,415	0,380	0,395	0,411	0,413	0,487	0,483	
<b>0,5</b>	3,709	3,519	1,994	2,047	0,452	0,457	0,378	0,387	0,385	0,375	0,533	0,526	
<b>0,6</b>	2,486	2,290	2,392	1,978	0,334	0,269	0,331	0,414	0,315	0,224	0,397	0,323	
<b>0,7</b>	0,585	0,873	1,222	1,389	0,125	0,082	0,476	0,247	0,037	0,064	0,125	0,082	
<b>0,8</b>	0,348	0,345	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,000	0,000	
<b>0,9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - THETA													
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	
<b>0</b>	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	
<b>0,1</b>	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	
<b>0,2</b>	-0,150	-0,081	1,000	1,000	2,000	2,000	1,421	1,263	0,936	160,000	0,982	168,000	
<b>0,3</b>	-0,156	-0,154	1,000	1,000	2,000	2,000	1,842	1,842	0,737	126,000	0,766	131,000	
<b>0,4</b>	-0,011	-0,027	2,000	2,000	3,000	3,000	2,474	2,421	0,474	81,000	0,520	89,000	
<b>0,5</b>	0,043	0,134	2,000	2,000	4,000	4,000	3,263	3,263	0,327	56,000	0,310	53,000	
<b>0,6</b>	0,259	0,067	3,000	2,000	5,000	4,000	3,833	3,357	0,205	35,000	0,187	32,000	
<b>0,7</b>	-0,384	0,773	1,000	1,000	2,000	2,000	1,444	1,889	0,041	7,000	0,064	11,000	
<b>0,8</b>	-0,999	-0,999	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,023	4,000	0,023	4,000	
<b>0,9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

DEGREES					
REST-TASK					
Rest			Task		
Threshold			Threshold		
<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>
Fp1	7	4	2	5	2
Fp2	6	4	2	5	3
F3	6	2	2	5	2
F4	11	9	6	12	8
F7	11	8	5	14	6
F8	11	9	6	12	8
T7	6	3	2	5	2
T8	9	4	2	10	5
C3	13	9	7	13	9
C4	11	9	7	12	10
P7	13	9	6	14	9
P8	9	5	1	9	5
P3	5	2	1	5	2
P4	10	9	4	11	9
O1	10	7	6	14	7
O2	10	9	5	12	9
Pz	4	2	0	5	2
Cz	5	4	3	8	4
Pz	5	4	3	7	4
Avg. Deg.	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>6</b>

Çizelge Ek 1.2. COH yöntemi, Alfa bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - ALPHA													
	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	
<b>0</b>	7,777	7,484	1,000	1,000	0,409	0,398	0,409	0,398	0,435	0,417	0,409	0,398	
<b>0,1</b>	7,777	7,484	1,000	1,000	0,409	0,398	0,409	0,398	0,435	0,417	0,409	0,398	
<b>0,2</b>	7,756	7,464	1,006	1,006	0,408	0,397	0,409	0,397	0,435	0,417	0,409	0,398	
<b>0,3</b>	6,134	6,120	1,368	1,310	0,438	0,410	0,419	0,392	0,432	0,412	0,485	0,447	
<b>0,4</b>	5,302	4,755	1,626	1,655	0,439	0,405	0,431	0,388	0,427	0,401	0,514	0,484	
<b>0,5</b>	4,460	3,532	1,825	2,064	0,427	0,441	0,420	0,368	0,412	0,372	0,525	0,524	
<b>0,6</b>	2,887	2,396	2,591	2,438	0,346	0,302	0,400	0,321	0,349	0,308	0,405	0,365	
<b>0,7</b>	1,599	0,713	2,513	2,074	0,186	0,000	0,305	0,000	0,179	0,072	0,222	0,000	
<b>0,8</b>	0,351	0,170	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,012	0,000	0,000	
<b>0,9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - ALPHA													
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	
<b>0</b>	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	
<b>0,1</b>	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	
<b>0,2</b>	-0,061	-0,064	1,000	1,000	2,000	2,000	1,105	1,105	0,994	170,000	0,994	170,000	
<b>0,3</b>	0,071	-0,145	2,000	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	0,632	108,000	0,690	118,000	
<b>0,4</b>	0,202	0,058	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,684	0,497	85,000	0,468	80,000	
<b>0,5</b>	0,227	0,086	2,000	2,000	4,000	4,000	3,000	3,368	0,392	67,000	0,316	54,000	
<b>0,6</b>	0,210	0,223	3,000	3,000	5,000	5,000	4,263	4,056	0,228	39,000	0,199	34,000	
<b>0,7</b>	0,421	-0,278	2,000	2,000	5,000	4,000	3,882	3,000	0,117	20,000	0,053	9,000	
<b>0,8</b>	-0,985	-1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,023	4,000	0,012	2,000	
<b>0,9</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
<b>1</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

DEGREES					
REST-TASK					
Rest			Task		
Threshold			Threshold		
<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>
Fp1	10	7	5	8	5
Fp2	9	7	5	8	5
F3	9	7	3	8	3
F4	10	10	7	10	9
F7	11	9	9	10	9
F8	10	9	7	10	8
T7	9	7	3	8	3
T8	9	6	2	8	5
C3	13	9	5	12	8
C4	14	12	5	14	9
P7	12	9	6	12	8
P8	8	4	1	6	3
P3	5	3	2	5	2
P4	9	7	3	9	7
O1	10	7	4	9	7
O2	9	8	4	9	8
Pz	3	3	1	4	2
Cz	5	5	3	5	4
Pz	5	5	3	5	3
Avg. Deg.	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>6</b>

Çizelge Ek 1.3. COH yöntemi, Beta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - BETA																							
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			REST-TASK							
													Rest	Task	Rest	Task	Threshold	Threshold					
																	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0	6,419	6,359	1,000	1,000	0,335	0,335	0,335	0,335	0,363	0,355	0,335	0,335											
0,1	6,419	6,359	1,000	1,000	0,335	0,335	0,335	0,335	0,363	0,355	0,335	0,335											
0,2	5,784	5,791	1,205	1,175	0,339	0,334	0,335	0,332	0,363	0,355	0,364	0,356											
0,3	4,594	4,447	1,532	1,520	0,373	0,353	0,349	0,325	0,362	0,351	0,427	0,409											
0,4	3,531	3,329	1,936	1,942	0,357	0,348	0,329	0,316	0,347	0,335	0,450	0,437											
0,5	2,538	2,243	2,345	2,340	0,320	0,348	0,276	0,300	0,319	0,282	0,402	0,408											
0,6	1,197	0,854	2,255	1,839	0,128	0,000	0,142	0,000	0,125	0,081	0,128	0,000											
0,7	0,467	0,384	1,333	1,286	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,026	0,000	0,000											
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK			REST-TASK							
													Rest	Task	Rest	Task	Threshold	Threshold					
																	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000											
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000											
0,2	-0,118	-0,143	1,000	1,000	2,000	2,000	1,842	1,842	0,795	136,000	0,825	141,000											
0,3	-0,023	-0,101	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,421	0,526	90,000	0,526	90,000											
0,4	0,100	0,097	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,211	0,357	61,000	0,345	59,000											
0,5	0,222	0,198	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	3,833	0,234	40,000	0,211	36,000											
0,6	-0,064	-0,252	2,000	2,000	5,000	4,000	3,333	2,667	0,099	17,000	0,070	12,000											
0,7	-0,991	-0,616	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,500	0,035	6,000	0,029	5,000											
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - GAMMA																							
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			REST-TASK							
													Rest	Task	Rest	Task	Threshold	Threshold					
																	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0	6,950	6,986	1,000	1,000	0,371	0,376	0,371	0,376	0,386	0,388	0,371	0,376											
0,1	6,950	6,986	1,000	1,000	0,371	0,376	0,371	0,376	0,386	0,388	0,371	0,376											
0,2	6,852	6,926	1,029	1,018	0,369	0,374	0,370	0,375	0,386	0,388	0,373	0,377											
0,3	5,523	5,606	1,327	1,310	0,374	0,378	0,358	0,365	0,377	0,377	0,412	0,411											
0,4	3,783	3,594	1,871	1,842	0,382	0,367	0,339	0,342	0,354	0,348	0,461	0,446											
0,5	2,600	2,450	2,380	1,838	0,287	0,309	0,349	0,380	0,315	0,237	0,319	0,347											
0,6	0,950	1,045	2,855	2,491	0,067	0,076	0,183	0,207	0,109	0,114	0,079	0,092											
0,7	0,474	0,236	1,333	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,015	0,000	0,000											
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK			REST-TASK							
													Rest	Task	Rest	Task	Threshold	Threshold					
																	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000											
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000											
0,2	-0,101	-0,071	1,000	1,000	2,000	2,000	1,263	1,211	0,971	166,000	0,982	168,000											
0,3	-0,136	-0,181	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,673	115,000	0,690	118,000											
0,4	0,007	0,135	2,000	2,000	4,000	3,000	3,158	2,684	0,386	66,000	0,368	63,000											
0,5	0,242	0,061	3,000	2,000	5,000	4,000	4,053	2,933	0,240	41,000	0,228	39,000											
0,6	-0,313	0,436	3,000	3,000	6,000	5,000	4,909	4,182	0,076	13,000	0,088	15,000											
0,7	-0,998	-0,499	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,400	0,035	6,000	0,018	3,000											
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000											

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - GAMMA					
Avg. Deg:					
6 4 2 6 4 1					

Çizelge Ek 1.4. COH yöntemi, Gama bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: ALL SUBJECT REST-TASK - GAMMA

Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			REST-TASK							
													Rest	Task	Rest	Task	Threshold	Threshold					
																	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0	6,950	6,986	1,000	1,000	0,371	0,376	0,371	0,376	0,386	0,388	0,371	0,376											
0,1	6,950	6,986	1,000	1,000	0,371	0,376	0,371	0,376	0,386	0,388	0,371	0,376											
0,2	6,852	6,926	1,029	1,018	0,369	0,374	0,370	0,375	0,386	0,388	0,373												

Çizelge Ek 1.5. COH yöntemi, Teta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: MALE-FEMALE REST - THETA																																																																																																																																																																																	
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency																																																																																																																																																																						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task																																																																																																																																																																					
0	7,313	7,801	1,000	1,000	0,386	0,416	0,386	0,416	0,410	0,435	0,386	0,416	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">DEGREES</th> </tr> <tr> <th colspan="6">REST-TASK</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Rest</th> <th colspan="3">Task</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Threshold</th> <th colspan="3">Threshold</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fp1</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Fp2</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>F7</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>11</td> <td>9</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>F8</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>11</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>T7</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>T8</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>5</td> <td>13</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>P8</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>O1</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>O2</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Pz</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Cz</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Pz</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	DEGREES						REST-TASK						Rest			Task			Threshold			Threshold				0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	Fp1	6	4	0	8	4	2	Fp2	6	5	2	6	3	2	F3	5	2	0	6	3	2	F4	10	8	4	11	8	6	F7	10	8	6	11	9	5	F8	9	7	6	11	9	6	T7	7	3	1	6	3	2	T8	7	3	1	10	5	2	C3	12	9	7	14	9	6	C4	11	8	7	11	10	7	P7	12	8	5	13	9	6	P8	7	3	1	9	5	1	P3	4	2	0	5	2	2	P4	9	7	3	10	9	5	O1	9	7	6	10	7	5	O2	9	9	5	10	9	5	Pz	5	2	2	4	2	0	Cz	5	4	3	6	4	3	Pz	5	3	3	5	4	3
DEGREES																																																																																																																																																																																	
REST-TASK																																																																																																																																																																																	
Rest			Task																																																																																																																																																																														
Threshold			Threshold																																																																																																																																																																														
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6																																																																																																																																																																											
Fp1	6	4	0	8	4	2																																																																																																																																																																											
Fp2	6	5	2	6	3	2																																																																																																																																																																											
F3	5	2	0	6	3	2																																																																																																																																																																											
F4	10	8	4	11	8	6																																																																																																																																																																											
F7	10	8	6	11	9	5																																																																																																																																																																											
F8	9	7	6	11	9	6																																																																																																																																																																											
T7	7	3	1	6	3	2																																																																																																																																																																											
T8	7	3	1	10	5	2																																																																																																																																																																											
C3	12	9	7	14	9	6																																																																																																																																																																											
C4	11	8	7	11	10	7																																																																																																																																																																											
P7	12	8	5	13	9	6																																																																																																																																																																											
P8	7	3	1	9	5	1																																																																																																																																																																											
P3	4	2	0	5	2	2																																																																																																																																																																											
P4	9	7	3	10	9	5																																																																																																																																																																											
O1	9	7	6	10	7	5																																																																																																																																																																											
O2	9	9	5	10	9	5																																																																																																																																																																											
Pz	5	2	2	4	2	0																																																																																																																																																																											
Cz	5	4	3	6	4	3																																																																																																																																																																											
Pz	5	3	3	5	4	3																																																																																																																																																																											
0,1	7,313	7,801	1,000	1,000	0,386	0,416	0,386	0,416	0,410	0,435	0,386	0,416																																																																																																																																																																					
0,2	7,090	7,624	1,070	1,053	0,387	0,415	0,388	0,416	0,410	0,435	0,396	0,423																																																																																																																																																																					
0,3	6,028	6,625	1,316	1,269	0,409	0,421	0,389	0,411	0,409	0,433	0,445	0,458																																																																																																																																																																					
0,4	4,446	5,024	1,684	1,585	0,387	0,410	0,368	0,385	0,395	0,418	0,476	0,491																																																																																																																																																																					
0,5	3,350	3,797	2,123	1,988	0,438	0,468	0,377	0,383	0,365	0,389	0,520	0,543																																																																																																																																																																					
0,6	2,196	2,508	2,308	2,366	0,254	0,326	0,338	0,316	0,256	0,320	0,320	0,378																																																																																																																																																																					
0,7	0,591	0,583	1,222	1,222	0,125	0,125	0,476	0,476	0,038	0,037	0,125	0,125																																																																																																																																																																					
0,8	0,352	0,346	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task																																																																																																																																																																						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links																																																																																																																																																																					
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000																																																																																																																																																																					
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000																																																																																																																																																																					
0,2	-0,154	-0,134	1,000	1,000	2,000	2,000	1,421	1,368	0,930	159,000	0,947	162,000																																																																																																																																																																					
0,3	-0,183	-0,138	1,000	1,000	2,000	2,000	1,895	1,789	0,684	117,000	0,731	125,000																																																																																																																																																																					
0,4	0,022	-0,027	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,368	0,433	74,000	0,485	83,000																																																																																																																																																																					
0,5	0,170	0,028	2,000	2,000	4,000	4,000	3,316	3,211	0,298	51,000	0,333	57,000																																																																																																																																																																					
0,6	0,062	0,250	3,000	3,000	5,000	5,000	4,000	3,647	0,181	31,000	0,205	35,000																																																																																																																																																																					
0,7	-0,440	-0,364	1,000	1,000	2,000	2,000	1,444	1,889	0,041	7,000	0,041	7,000																																																																																																																																																																					
0,8	-0,999	-0,997	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,500	0,023	4,000	0,023	4,000																																																																																																																																																																					
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
Avg. Deg:												8	5	3	9	6	4																																																																																																																																																																

Çizelge Ek 1.6. COH yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: MALE-FEMALE REST - ALPHA																																																																																																																																																																																	
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency																																																																																																																																																																						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task																																																																																																																																																																					
0	7,725	7,794	1,000	1,000	0,405	0,410	0,405	0,410	0,433	0,436	0,405	0,410	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">DEGREES</th> </tr> <tr> <th colspan="6">REST-TASK</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Rest</th> <th colspan="3">Task</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Threshold</th> <th colspan="3">Threshold</th> </tr> <tr> <th></th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> <th>0,4</th> <th>0,5</th> <th>0,6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fp1</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Fp2</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>F3</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>F4</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>F7</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>11</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>F8</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>T7</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>T8</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>C3</td> <td>13</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>9</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>C4</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>12</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>P7</td> <td>11</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>13</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>P8</td> <td>7</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>9</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>8</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>O1</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>O2</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Pz</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Cz</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Pz</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	DEGREES						REST-TASK						Rest			Task			Threshold			Threshold				0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	Fp1	9	6	5	10	7	5	Fp2	9	7	5	9	7	5	F3	8	6	3	9	8	3	F4	10	10	7	10	10	7	F7	10	9	7	11	9	9	F8	10	9	7	10	10	7	T7	8	6	3	10	7	3	T8	9	6	2	10	6	2	C3	13	8	4	15	9	5	C4	14	9	5	14	12	5	P7	11	9	5	13	9	6	P8	7	3	2	9	5	1	P3	5	3	2	5	2	2	P4	8	6	3	9	7	3	O1	11	7	4	10	7	4	O2	9	8	4	9	7	3	Pz	5	3	2	3	2	0	Cz	5	5	3	5	4	3	Pz	5	4	3	5	4	3
DEGREES																																																																																																																																																																																	
REST-TASK																																																																																																																																																																																	
Rest			Task																																																																																																																																																																														
Threshold			Threshold																																																																																																																																																																														
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6																																																																																																																																																																											
Fp1	9	6	5	10	7	5																																																																																																																																																																											
Fp2	9	7	5	9	7	5																																																																																																																																																																											
F3	8	6	3	9	8	3																																																																																																																																																																											
F4	10	10	7	10	10	7																																																																																																																																																																											
F7	10	9	7	11	9	9																																																																																																																																																																											
F8	10	9	7	10	10	7																																																																																																																																																																											
T7	8	6	3	10	7	3																																																																																																																																																																											
T8	9	6	2	10	6	2																																																																																																																																																																											
C3	13	8	4	15	9	5																																																																																																																																																																											
C4	14	9	5	14	12	5																																																																																																																																																																											
P7	11	9	5	13	9	6																																																																																																																																																																											
P8	7	3	2	9	5	1																																																																																																																																																																											
P3	5	3	2	5	2	2																																																																																																																																																																											
P4	8	6	3	9	7	3																																																																																																																																																																											
O1	11	7	4	10	7	4																																																																																																																																																																											
O2	9	8	4	9	7	3																																																																																																																																																																											
Pz	5	3	2	3	2	0																																																																																																																																																																											
Cz	5	5	3	5	4	3																																																																																																																																																																											
Pz	5	4	3	5	4	3																																																																																																																																																																											
0,1	7,725	7,794	1,000	1,000	0,405	0,410	0,405	0,410	0,433	0,436	0,405	0,410																																																																																																																																																																					
0,2	7,684	7,753	1,012	1,012	0,404	0,409	0,405	0,410	0,433	0,436	0,406	0,411																																																																																																																																																																					
0,3	6,030	6,182	1,380	1,363	0,429	0,438	0,409	0,420	0,430	0,433	0,481	0,484																																																																																																																																																																					
0,4	5,211	5,437	1,614	1,602	0,443	0,449	0,422	0,438	0,426	0,429	0,517	0,517																																																																																																																																																																					
0,5	4,215	4,405	1,918	1,825	0,415	0,466	0,409	0,433	0,406	0,411	0,523	0,540																																																																																																																																																																					
0,6	2,853	2,815	2,702	2,529	0,334	0,350	0,397	0,406	0,347	0,324	0,399	0,410																																																																																																																																																																					
0,7	1,480	1,665	1,730	2,382	0,199	0,191	0,385	0,306	0,120	0,184	0,240	0,233																																																																																																																																																																					
0,8	0,614	0,266	1,300	1,250	0,102	0,000	0,417	0,000	0,042	0,017	0,102	0,000																																																																																																																																																																					
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task																																																																																																																																																																						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links																																																																																																																																																																					
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000																																																																																																																																																																					
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000																																																																																																																																																																					
0,2	-0,075	-0,065	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,158	0,988	169,000	0,988	169,000																																																																																																																																																																					
0,3	-0,001	0,070	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,620	106,000	0,637	109,000																																																																																																																																																																					
0,4	0,120	0,170	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,632	0,485	83,000	0,515	88,000																																																																																																																																																																					
0,5	0,280	0,203	2,000	2,000	4,000	3,000	3,211	2,895	0,363	62,000	0,386	66,000																																																																																																																																																																					
0,6	0,352	0,198	3,000	3,000	6,000	5,000	4,684	4,278	0,222	38,000	0,222	38,000																																																																																																																																																																					
0,7	0,507	0,411	2,000	2,000	4,000	5,000	2,750	3,765	0,105	18,000	0,123	21,000																																																																																																																																																																					
0,8	-0,008	-0,432	1,000	1,000	2,000	2,000	1,556	1,400	0,041	7,000	0,018	3,000																																																																																																																																																																					
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000																																																																																																																																																																					
Avg. Deg:												9	7	4	9	7	4																																																																																																																																																																

Çizelge Ek 1.7. COH yöntemi, Beta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

**COHERENCE: MALE-FEMALE REST - BETA**

Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	6,270	6,469	6,270	1,000	0,325	0,338	0,325	0,338	0,358	0,365	0,325	0,338
0,1	6,270	6,469	6,270	1,000	0,325	0,338	0,325	0,338	0,358	0,365	0,325	0,338
0,2	5,459	5,912	5,459	1,181	0,335	0,342	0,329	0,339	0,358	0,365	0,366	0,364
0,3	4,392	4,643	4,392	1,526	0,364	0,374	0,345	0,349	0,357	0,363	0,426	0,428
0,4	3,468	3,582	3,468	1,912	0,352	0,359	0,327	0,331	0,343	0,349	0,447	0,451
0,5	2,438	2,539	2,438	2,333	0,271	0,321	0,270	0,276	0,316	0,320	0,339	0,397
0,6	1,214	1,136	1,214	2,273	0,207	0,072	0,234	0,082	0,136	0,124	0,207	0,072
0,7	0,478	0,391	0,478	1,286	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,026	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,102	-0,122	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,842	0,737	126,000	0,819	140,000
0,3	0,009	-0,021	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,579	0,497	85,000	0,532	91,000
0,4	0,109	0,102	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,211	0,351	60,000	0,363	62,000
0,5	0,282	0,208	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	3,947	0,222	38,000	0,234	40,000
0,6	-0,148	0,083	1,000	2,000	6,000	5,000	3,750	3,333	0,099	17,000	0,094	16,000
0,7	-0,997	-0,627	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,500	0,035	6,000	0,029	5,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DEGREES						
REST-TASK						
Rest			Task			
Threshold			Threshold			
0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
Fp1	5	3	2	5	3	2
Fp2	5	3	2	5	3	0
F3	4	2	1	5	2	2
F4	9	6	2	9	6	4
F7	9	7	4	9	7	3
F8	8	6	3	9	6	1
T7	4	2	1	3	2	0
T8	6	2	1	6	3	1
C3	8	7	2	10	6	3
C4	10	6	3	10	6	3
P7	9	6	1	8	7	2
P8	4	2	0	5	2	1
P3	3	2	0	3	2	0
P4	8	4	2	8	6	2
O1	7	6	4	7	6	2
O2	8	4	2	9	5	2
Pz	3	2	0	3	2	0
Cz	5	3	2	5	3	2
Pz	5	3	2	5	3	2

Avg. Deg:	6	4	2	7	4	2
-----------	---	---	---	---	---	---

Çizelge Ek 1.8. COH yöntemi, Gama bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

**COHERENCE: MALE-FEMALE REST - GAMMA**

Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	6,806	6,997	1,000	1,000	0,360	0,374	0,360	0,374	0,381	0,389	0,360	0,374
0,1	6,806	6,997	1,000	1,000	0,360	0,374	0,360	0,374	0,381	0,389	0,360	0,374
0,2	6,637	6,862	1,053	1,041	0,356	0,372	0,357	0,373	0,381	0,389	0,364	0,378
0,3	5,091	5,648	1,444	1,310	0,371	0,374	0,356	0,357	0,372	0,381	0,418	0,411
0,4	3,658	3,742	1,877	1,895	0,378	0,376	0,349	0,341	0,355	0,353	0,462	0,459
0,5	2,611	2,649	2,292	2,339	0,264	0,347	0,370	0,352	0,278	0,318	0,317	0,386
0,6	1,501	1,009	2,136	2,864	0,205	0,067	0,295	0,168	0,155	0,125	0,261	0,079
0,7	0,489	0,468	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,034	0,033	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,079	-0,118	1,000	1,000	2,000	2,000	1,579	1,316	0,947	162,000	0,959	164,000
0,3	-0,030	-0,171	2,000	1,000	3,000	2,000	2,316	1,895	0,596	102,000	0,690	118,000
0,4	0,108	0,078	2,000	2,000	4,000	4,000	3,000	3,158	0,363	62,000	0,380	65,000
0,5	0,389	0,122	1,000	3,000	6,000	5,000	4,000	4,053	0,234	40,000	0,246	42,000
0,6	-0,069	-0,143	3,000	3,000	5,000	6,000	3,833	4,833	0,123	21,000	0,082	14,000
0,7	-0,999	-0,995	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,035	6,000	0,035	6,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

DEGREES						
REST-TASK						
Rest			Task			
Threshold			Threshold			
0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
Fp1	3	1	0	5	2	0
Fp2	4	3	0	4	1	0
F3	2	1	0	3	2	0
F4	9	4	3	8	7	1
F7	8	6	3	10	4	3
F8	9	5	4	9	5	1
T7	3	1	0	3	2	0
T8	5	2	0	6	3	0
C3	10	8	3	10	7	1
C4	9	7	5	10	8	3
P7	10	6	5	10	8	3
P8	3	1	0	6	1	1
P3	5	2	0	5	2	0
P4	9	6	2	9	8	3
O1	9	7	6	9	7	3
O2	9	8	3	9	8	4
Pz	6	3	1	4	1	0
Cz	6	4	3	5	4	3
Pz	5	5	4	5	4	2

Avg. Deg:	7	4	2	7	4	1
-----------	---	---	---	---	---	---



Çizelge Ek 1.9. COH yöntemi, Teta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: MALE-FEMALE TASK - THETA															
	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK		
0	7,968	7,759	1,000	1,000	0,426	0,417	0,426	0,417	0,443	0,431	0,426	0,417			
0,1	7,968	7,759	1,000	1,000	0,426	0,417	0,426	0,417	0,443	0,431	0,426	0,417			
0,2	7,869	7,698	1,029	1,018	0,424	0,415	0,426	0,416	0,443	0,431	0,429	0,418			
0,3	6,900	6,682	1,240	1,240	0,426	0,412	0,419	0,408	0,441	0,427	0,461	0,446			
0,4	5,433	5,229	1,509	1,532	0,424	0,415	0,399	0,398	0,427	0,410	0,494	0,477			
0,5	3,951	3,436	1,965	2,053	0,438	0,471	0,389	0,387	0,397	0,371	0,529	0,524			
0,6	2,554	2,209	2,250	2,044	0,268	0,261	0,381	0,403	0,301	0,219	0,332	0,316			
0,7	0,907	0,788	1,389	1,500	0,085	0,135	0,256	0,309	0,066	0,060	0,085	0,135			
0,8	0,446	0,173	1,286	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,010	0,000	0,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,099	-0,083	1,000	1,000	2,000	2,000	1,368	1,263	0,971	166,000	0,982	168,000			
0,3	-0,171	-0,150	1,000	1,000	2,000	2,000	1,789	1,842	0,760	130,000	0,760	130,000			
0,4	-0,072	0,002	2,000	2,000	3,000	3,000	2,368	2,421	0,532	91,000	0,532	91,000			
0,5	0,100	0,113	2,000	2,000	4,000	4,000	3,211	3,263	0,345	59,000	0,304	52,000			
0,6	0,125	0,077	3,000	3,000	5,000	5,000	3,647	3,714	0,205	35,000	0,181	31,000			
0,7	0,725	0,477	1,000	1,000	2,000	3,000	1,889	2,111	0,064	11,000	0,058	10,000			
0,8	-0,642	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,500	1,000	0,029	5,000	0,012	2,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,072	-0,063	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,105	0,988	169,000	0,994	170,000			
0,3	-0,146	-0,129	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,673	115,000	0,684	117,000			
0,4	0,019	0,047	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,632	0,485	83,000	0,480	82,000			
0,5	0,117	0,090	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,322	55,000	0,310	53,000			
0,6	0,262	0,217	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	4,222	0,222	38,000	0,175	30,000			
0,7	-0,056	-0,280	2,000	1,000	4,000	4,000	3,000	2,800	0,064	11,000	0,047	8,000			
0,8	-0,437	0,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,400	1,000	0,018	3,000	0,006	1,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,072	-0,063	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,105	0,988	169,000	0,994	170,000			
0,3	-0,146	-0,129	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,673	115,000	0,684	117,000			
0,4	0,019	0,047	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,632	0,485	83,000	0,480	82,000			
0,5	0,117	0,090	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,322	55,000	0,310	53,000			
0,6	0,262	0,217	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	4,222	0,222	38,000	0,175	30,000			
0,7	-0,056	-0,280	2,000	1,000	4,000	4,000	3,000	2,800	0,064	11,000	0,047	8,000			
0,8	-0,437	0,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,400	1,000	0,018	3,000	0,006	1,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,072	-0,063	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,105	0,988	169,000	0,994	170,000			
0,3	-0,146	-0,129	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,673	115,000	0,684	117,000			
0,4	0,019	0,047	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,632	0,485	83,000	0,480	82,000			
0,5	0,117	0,090	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,322	55,000	0,310	53,000			
0,6	0,262	0,217	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	4,222	0,222	38,000	0,175	30,000			
0,7	-0,056	-0,280	2,000	1,000	4,000	4,000	3,000	2,800	0,064	11,000	0,047	8,000			
0,8	-0,437	0,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,400	1,000	0,018	3,000	0,006	1,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,072	-0,063	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,105	0,988	169,000	0,994	170,000			
0,3	-0,146	-0,129	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,673	115,000	0,684	117,000			
0,4	0,019	0,047	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,632	0,485	83,000	0,480	82,000			
0,5	0,117	0,090	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,322	55,000	0,310	53,000			
0,6	0,262	0,217	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	4,222	0,222	38,000	0,175	30,000			
0,7	-0,056	-0,280	2,000	1,000	4,000	4,000	3,000	2,800	0,064	11,000	0,047	8,000			
0,8	-0,437	0,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,400	1,000	0,018	3,000	0,006	1,000			
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000			
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Avg. Deg:		
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links			
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000			
0,2	-0,072	-0,063	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,105	0,988						

Çizelge Ek 1.11. COH yöntemi, Beta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: MALE-FEMALE TASK- BETA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		Elektrot	DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task							
0	6,697	6,247	1,000	1,000	0,352	0,329	0,352	0,329	0,374	0,349	0,352	0,329							
0,1	6,697	6,247	1,000	1,000	0,352	0,329	0,352	0,329	0,374	0,349	0,352	0,329							
0,2	6,252	5,627	1,135	1,193	0,350	0,331	0,351	0,327	0,374	0,349	0,368	0,353							
0,3	4,982	4,275	1,433	1,538	0,374	0,349	0,344	0,323	0,371	0,344	0,423	0,406							
0,4	3,681	3,151	1,901	1,994	0,367	0,363	0,340	0,316	0,356	0,326	0,458	0,441							
0,5	2,634	2,158	2,322	2,444	0,334	0,292	0,302	0,298	0,327	0,272	0,422	0,351							
0,6	1,280	0,842	2,020	1,839	0,188	0,000	0,241	0,000	0,126	0,080	0,208	0,000							
0,7	0,479	0,306	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,021	0,000	0,000							
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Elektrot	DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links							
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000							
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000							
0,2	-0,168	-0,143	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,842	0,865	148,000	0,807	138,000							
0,3	-0,141	-0,099	2,000	2,000	3,000	3,000	2,158	2,421	0,579	99,000	0,509	87,000							
0,4	0,080	0,122	2,000	2,000	4,000	4,000	3,211	3,316	0,368	63,000	0,327	56,000							
0,5	0,276	0,243	3,000	3,000	5,000	6,000	3,737	4,278	0,240	41,000	0,205	35,000							
0,6	-0,187	-0,242	2,000	2,000	4,000	4,000	3,133	2,667	0,105	18,000	0,070	12,000							
0,7	-0,997	-0,994	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,035	6,000	0,023	4,000							
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
													Avg. Deg:	7	4	2	6	4	1

Çizelge Ek 1.12. COH yöntemi, Gama bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: MALE-FEMALE TASK- GAMMA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		Elektrot	DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task							
0	7,161	6,928	1,000	1,000	0,385	0,372	0,385	0,372	0,398	0,385	0,385	0,372							
0,1	7,161	6,928	1,000	1,000	0,385	0,372	0,385	0,372	0,398	0,385	0,385	0,372							
0,2	7,084	6,869	1,023	1,018	0,384	0,370	0,385	0,371	0,398	0,385	0,387	0,373							
0,3	5,943	5,489	1,269	1,327	0,369	0,377	0,367	0,366	0,391	0,375	0,407	0,412							
0,4	4,003	3,723	1,708	1,813	0,390	0,376	0,351	0,352	0,364	0,350	0,458	0,448							
0,5	2,602	2,456	2,074	1,857	0,364	0,273	0,347	0,372	0,285	0,237	0,443	0,305							
0,6	1,323	1,048	1,778	2,473	0,227	0,160	0,361	0,262	0,118	0,114	0,276	0,176							
0,7	0,392	0,235	1,286	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,015	0,000	0,000							
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		Elektrot	DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links							
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000							
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000							
0,2	-0,097	-0,068	1,000	1,000	2,000	2,000	1,263	1,211	0,977	167,000	0,982	168,000							
0,3	-0,113	-0,113	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,731	125,000	0,673	115,000							
0,4	0,001	0,111	2,000	2,000	3,000	3,000	2,684	2,684	0,415	71,000	0,386	66,000							
0,5	0,155	0,046	2,000	2,000	4,000	4,000	3,353	2,933	0,240	41,000	0,228	39,000							
0,6	-0,014	-0,153	2,000	3,000	3,000	5,000	2,700	4,182	0,111	19,000	0,088	15,000							
0,7	-0,666	-0,464	1,000	1,000	2,000	2,000	1,500	1,400	0,029	5,000	0,018	3,000							
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							
													Avg. Deg:	7	4	2	7	4	2

Çizelge Ek 1.13. COH yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - THETA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK						
0	7,630	7,806	1,000	1,000	0,406	0,414	0,406	0,414	0,426	0,436	0,406	0,414	Rest		Task				
0,1	7,630	7,806	1,000	1,000	0,406	0,414	0,406	0,414	0,426	0,436	0,406	0,414	Threshold		Threshold				
0,2	7,395	7,652	1,070	1,047	0,406	0,414	0,408	0,415	0,426	0,436	0,416	0,422	0	1	1	0	1	1	
0,3	6,495	6,712	1,269	1,257	0,412	0,418	0,403	0,409	0,424	0,435	0,449	0,456	Fp1	7	3	2	9	5	3
0,4	4,902	5,060	1,608	1,602	0,401	0,423	0,381	0,391	0,410	0,420	0,483	0,501	Fp2	7	4	1	5	5	2
0,5	3,639	3,875	2,012	1,965	0,450	0,466	0,380	0,389	0,381	0,394	0,530	0,544	F3	6	2	2	6	2	2
0,6	2,290	2,777	2,375	2,427	0,265	0,333	0,331	0,328	0,284	0,350	0,318	0,413	F4	11	9	6	10	10	6
0,7	0,658	0,662	1,944	1,417	0,097	0,127	0,295	0,404	0,054	0,045	0,097	0,127	F7	11	7	5	11	8	5
0,8	0,347	0,348	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,000	0,000	F8	11	8	5	11	9	6
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	6	2	0	8	4	3
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	9	5	2	10	4	2
														Avg. Deg:					
														9	6	3	9	6	4

Çizelge Ek 1.14. COH yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - ALPHA																							
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES										
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK										
0	7,818	7,671	1,000	1,000	0,411	0,403	0,411	0,403	0,437	0,428	0,411	0,403	Rest		Task								
0,1	7,818	7,671	1,000	1,000	0,411	0,403	0,411	0,403	0,437	0,428	0,411	0,403	Threshold		Threshold								
0,2	7,798	7,609	1,006	1,018	0,410	0,402	0,411	0,403	0,437	0,428	0,411	0,405	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6					
0,3	6,245	6,058	1,357	1,363	0,437	0,435	0,421	0,405	0,435	0,425	0,484	0,478	Fp1	10	7	5	9	6	4				
0,4	5,385	5,086	1,620	1,637	0,445	0,429	0,437	0,410	0,431	0,419	0,518	0,508	Fp2	9	7	5	8	5	5				
0,5	4,380	3,841	1,842	2,070	0,420	0,463	0,428	0,412	0,411	0,391	0,522	0,551	F3	9	8	3	9	3	3				
0,6	2,774	2,737	3,301	2,749	0,384	0,324	0,430	0,365	0,299	0,339	0,445	0,391	F4	10	10	7	10	9	7				
0,7	1,680	1,369	2,382	1,730	0,193	0,102	0,310	0,203	0,185	0,116	0,236	0,116	F7	11	9	9	9	9	7				
0,8	0,354	0,177	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,012	0,000	0,000	F8	10	9	7	10	7	6				
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	9	6	3	9	7	3				
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	10	6	2	8	3	2				
														Avg. Deg:									
														9	7	4	9	6	4				

Çizelge Ek 1.15. COH yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - BETA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK						
0	6,485	6,247	1,000	1,000	0,339	0,324	0,339	0,324	0,366	0,355	0,339	0,324	Rest			Task			
0,1	6,485	6,247	1,000	1,000	0,339	0,324	0,339	0,324	0,366	0,355	0,339	0,324	Threshold			Threshold			
0,2	5,927	5,537	1,181	1,234	0,343	0,333	0,341	0,327	0,366	0,355	0,365	0,360	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0,3	4,630	4,355	1,532	1,550	0,375	0,361	0,352	0,334	0,365	0,354	0,431	0,421	Fp1	5	3	2	5	3	2
0,4	3,588	3,327	1,906	1,994	0,358	0,383	0,328	0,327	0,350	0,339	0,451	0,465	Fp2	5	3	0	5	3	1
0,5	2,541	2,479	2,345	2,380	0,319	0,321	0,277	0,277	0,320	0,315	0,401	0,400	F3	5	2	2	3	2	2
0,6	1,134	1,273	2,273	2,677	0,070	0,213	0,080	0,282	0,124	0,134	0,070	0,233	F4	9	6	4	9	6	3
0,7	0,468	0,392	1,333	1,286	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,026	0,000	0,000	F7	9	7	3	9	7	3
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	F8	9	6	1	9	6	2
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	3	2	0	3	2	2
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	6	3	1	4	3	1
													C3	10	7	3	8	7	2
													C4	10	6	3	9	6	3
													P7	8	6	2	8	6	1
													P8	5	2	1	5	2	0
													P3	4	2	0	3	2	0
													P4	8	6	2	8	5	2
													O1	7	6	2	7	6	4
													O2	8	5	2	8	4	2
													Pz	3	2	0	2	2	0
													Cz	5	3	2	5	3	3
													Pz	5	3	2	4	3	3
													Avg. Deg:	7	4	2	6	4	2

Çizelge Ek 1.16. COH yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - GAMMA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK						
0	7,096	6,570	1,000	1,000	0,380	0,344	0,380	0,344	0,395	0,369	0,380	0,344	Rest			Task			
0,1	7,096	6,570	1,000	1,000	0,380	0,344	0,380	0,344	0,395	0,369	0,380	0,344	Threshold			Threshold			
0,2	6,997	6,182	1,029	1,123	0,378	0,342	0,379	0,340	0,394	0,369	0,383	0,359	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0,3	5,809	4,676	1,292	1,485	0,380	0,353	0,367	0,343	0,385	0,361	0,415	0,413	Fp1	4	2	0	5	3	2
0,4	3,729	3,686	1,895	1,936	0,384	0,396	0,357	0,346	0,355	0,347	0,464	0,469	Fp2	3	2	0	5	1	0
0,5	2,877	2,518	2,246	2,248	0,361	0,308	0,360	0,330	0,329	0,273	0,409	0,377	F3	2	2	0	3	2	1
0,6	1,396	1,185	2,167	1,577	0,177	0,168	0,282	0,514	0,149	0,083	0,195	0,178	F4	8	8	3	9	5	2
0,7	0,477	0,780	1,333	1,375	0,000	0,065	0,000	0,201	0,033	0,056	0,000	0,065	F7	8	5	3	10	5	2
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	F8	9	5	3	9	6	1
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	2	1	0	5	2	0
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	8	4	0	3	1	0
													C3	10	8	4	9	5	1
													C4	10	8	6	10	6	2
													P7	11	9	3	10	8	2
													P8	5	1	0	7	3	1
													P3	6	2	1	2	1	0
													P4	9	9	5	9	5	4
													O1	9	7	4	8	7	4
													O2	10	8	4	9	7	3
													Pz	4	2	0	6	3	0
													Cz	5	4	2	4	4	3
													Pz	5	5	2	5	4	4
													Avg. Deg:	7	5	2	7	4	2

Çizelge Ek 1.17. COH yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - THETA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			Threshold			
0	7,814	7,804	1,000	1,000	0,419	0,418	0,419	0,418	0,434	0,434	0,419	0,418	Rest			Task			
0,1	7,814	7,804	1,000	1,000	0,419	0,418	0,419	0,418	0,434	0,434	0,419	0,418	Threshold			Threshold			
0,2	7,733	7,721	1,023	1,023	0,417	0,416	0,419	0,418	0,434	0,434	0,421	0,420	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0,3	6,774	6,723	1,234	1,240	0,416	0,416	0,412	0,410	0,431	0,430	0,450	0,450	Elektrot						
0,4	5,155	5,194	1,532	1,550	0,420	0,420	0,392	0,393	0,413	0,413	0,485	0,485	Fp1	5	2	0	5	2	0
0,5	3,581	3,502	2,018	1,988	0,457	0,451	0,387	0,379	0,379	0,377	0,525	0,522	F3	5	2	0	6	2	0
0,6	2,303	2,148	1,978	1,687	0,270	0,291	0,418	0,423	0,225	0,186	0,324	0,338	F4	12	8	5	12	9	4
0,7	0,881	0,645	1,389	1,333	0,083	0,122	0,248	0,331	0,064	0,045	0,083	0,122	F7	14	6	5	11	6	4
0,8	0,347	0,174	1,333	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,010	0,000	0,000	F8	12	8	4	13	8	5
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	5	2	0	5	2	1
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	10	5	2	11	4	1
														Avg. Deg:					
														9	6	3	9	6	3

Çizelge Ek 1.18. COH yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - BETA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			Threshold			
0	6,380	6,307	1,000	1,000	0,336	0,332	0,336	0,332	0,356	0,353	0,336	0,332	Rest			Task			
0,1	6,380	6,307	1,000	1,000	0,336	0,332	0,336	0,332	0,356	0,353	0,336	0,332	Threshold			Threshold			
0,2	5,832	5,660	1,170	1,199	0,335	0,332	0,334	0,328	0,356	0,352	0,356	0,356	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
0,3	4,491	4,424	1,515	1,509	0,358	0,354	0,329	0,323	0,352	0,349	0,411	0,408	Elektrot						
0,4	3,334	3,278	1,942	1,994	0,356	0,353	0,319	0,320	0,335	0,332	0,441	0,441	Fp1	3	2	0	4	2	0
0,5	2,296	2,349	2,320	2,281	0,341	0,340	0,298	0,300	0,283	0,285	0,403	0,413	Fp2	3	2	0	5	3	0
0,6	0,858	0,847	1,839	1,935	0,000	0,055	0,000	0,118	0,081	0,079	0,000	0,055	F3	4	2	0	3	2	0
0,7	0,385	0,306	1,286	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,021	0,000	0,000	F4	8	6	2	9	6	1
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	F7	9	5	3	9	6	3
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	F8	8	6	1	8	6	1
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T7	3	2	0	3	2	0
														Avg. Deg:					
														6	4	1	6	4	1

Çizelge Ek 1.19. COH yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - ALPHA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK		Threshold		Threshold		
0	7,575	7,248	1,000	1,000	0,403	0,384	0,403	0,384	0,422	0,404	0,403	0,384	Elektrot	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
0,1	7,575	7,248	1,000	1,000	0,403	0,384	0,403	0,384	0,422	0,404	0,403	0,384	Fp1	9	5	3	8	5	3
0,2	7,554	7,190	1,006	1,018	0,402	0,383	0,402	0,384	0,422	0,404	0,403	0,386	Fp2	8	5	3	7	5	3
0,3	6,259	5,658	1,298	1,363	0,410	0,405	0,397	0,378	0,417	0,399	0,449	0,446	F3	8	3	2	7	3	2
0,4	4,933	4,505	1,632	1,673	0,411	0,396	0,395	0,372	0,407	0,389	0,487	0,475	F4	10	9	6	10	8	6
0,5	3,566	3,243	2,064	2,158	0,445	0,389	0,372	0,361	0,376	0,355	0,528	0,458	F7	11	9	7	9	9	6
0,6	2,416	2,034	2,438	1,814	0,304	0,335	0,325	0,356	0,311	0,183	0,366	0,406	F8	10	8	6	10	8	6
0,7	0,795	0,406	2,037	1,286	0,096	0,000	0,212	0,000	0,074	0,027	0,096	0,000	T7	8	3	2	8	3	2
0,8	0,171	0,000	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,000	T8	10	5	2	6	3	1
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	C3	12	8	6	12	8	4
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	C4	14	9	5	14	7	5
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK		Threshold		Threshold		
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	P7	13	8	6	12	8	4
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	P8	7	3	1	6	2	0
0,2	-0,064	-0,067	1,000	1,000	2,000	2,000	1,105	1,211	0,994	170,000	0,982	168,000	P3	5	2	2	5	2	1
0,3	-0,106	-0,141	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	2,000	0,702	120,000	0,637	109,000	P4	9	7	4	9	6	3
0,4	0,065	0,024	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,684	0,485	83,000	0,450	77,000	O1	9	7	4	8	7	4
0,5	0,088	0,155	2,000	3,000	4,000	4,000	3,368	3,474	0,316	54,000	0,292	50,000	O2	9	8	3	9	7	2
0,6	0,229	0,178	3,000	2,000	5,000	4,000	4,056	2,882	0,199	34,000	0,170	29,000	Cz	4	2	0	4	2	0
0,7	0,035	-0,611	2,000	1,000	4,000	2,000	3,000	1,500	0,058	10,000	0,029	5,000	Pz	5	4	3	5	4	3
0,8	-1,000	0,000	1,000	0,000	2,000	0,000	1,667	0,000	0,012	2,000	0,000	0,000	Pz	5	3	3	5	3	3
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Avg. Deg:	9	6	4	8	5	3
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							

Çizelge Ek 1.20. COH yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

COHERENCE: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - GAMMA																			
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK		Threshold		Threshold		
0	7,178	6,488	1,000	1,000	0,387	0,345	0,387	0,345	0,399	0,363	0,387	0,345	Elektrot	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
0,1	7,178	6,488	1,000	1,000	0,387	0,345	0,387	0,345	0,399	0,363	0,387	0,345	Fp1	3	0	0	4	1	0
0,2	7,136	6,129	1,012	1,111	0,386	0,342	0,386	0,342	0,399	0,362	0,388	0,356	Fp2	3	0	0	5	1	0
0,3	5,897	4,640	1,281	1,439	0,383	0,367	0,375	0,344	0,388	0,352	0,416	0,409	F3	2	0	0	2	1	0
0,4	3,831	3,426	1,778	1,860	0,385	0,381	0,353	0,345	0,358	0,333	0,456	0,445	F4	9	5	4	9	5	1
0,5	2,554	2,018	1,819	2,482	0,317	0,185	0,374	0,317	0,244	0,244	0,367	0,219	F7	10	5	4	7	2	2
0,6	1,451	0,861	2,167	2,226	0,124	0,112	0,293	0,316	0,168	0,076	0,145	0,131	F8	8	6	4	7	3	1
0,7	0,314	0,382	1,333	1,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,023	0,000	0,000	T7	3	0	0	2	1	0
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	T8	6	3	1	4	2	0
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	C3	11	8	5	11	6	1
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	C4	10	9	5	10	6	2
Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES						
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK		Threshold		Threshold		
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	P7	11	8	6	12	5	2
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000	P8	7	4	1	3	1	0
0,2	-0,069	-0,111	1,000	1,000	2,000	2,000	1,158	1,684	0,988	169,000	0,889	152,000	P3	5	2	0	4	1	0
0,3	-0,165	-0,067	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,719	123,000	0,561	96,000	P4	10	7	3	9	5	2
0,4	0,096	0,146	2,000	2,000	3,000	3,000	2,737	2,684	0,392	67,000	0,363	62,000	O1	10	7	2	7	7	4
0,5	0,081	0,373	2,000	1,000	3,000	6,000	2,733	3,947	0,234	40,000	0,187	32,000	O2	10	7	3	9	7	3
0,6	0,169	0,382	3,000	1,000	4,000	5,000	3,538	3,455	0,123	21,000	0,070	12,000	Pz	5	2	0	4	2	0
0,7	-0,999	-0,139	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,222	0,023	4,000	0,029	5,000	Cz	5	4	2	8	4	3
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Pz	6	3	2	7	4	3
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	Avg. Deg:	7	4	2	7	3	1
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000							

Çizelge Ek 1.21. PLV yöntemi, Teta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: ALL SUBJECT REST-TASK - THETA																								
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES											
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK		REST-TASK		Threshold		Threshold					
0	8,446	8,474	1,000	1,000	0,451	0,457	0,451	0,457	0,474	0,472	0,451	0,457	Rest	Task	Rest	Task	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6		
0,1	8,446	8,474	1,000	1,000	0,451	0,457	0,451	0,457	0,474	0,472	0,451	0,457	10	5	3	8	3	1	10	5	3	8	3	1
0,2	8,242	8,435	1,064	1,012	0,453	0,456	0,455	0,457	0,474	0,472	0,465	0,458	8	5	2	7	3	0	8	5	2	7	3	0
0,3	7,591	7,762	1,199	1,158	0,451	0,455	0,447	0,452	0,473	0,470	0,485	0,479	15	10	7	15	10	7	15	10	7	15	10	7
0,4	6,749	6,626	1,333	1,339	0,466	0,462	0,441	0,438	0,466	0,459	0,513	0,508	14	10	7	14	10	5	14	10	7	14	10	5
0,5	4,682	4,469	1,778	1,754	0,422	0,421	0,394	0,394	0,429	0,418	0,527	0,519	14	9	7	14	9	6	14	9	7	14	9	6
0,6	3,301	2,860	2,193	1,967	0,423	0,293	0,401	0,433	0,383	0,292	0,501	0,331	9	6	2	7	3	0	9	6	2	7	3	0
0,7	1,036	0,949	1,640	1,333	0,083	0,120	0,225	0,365	0,081	0,066	0,083	0,151	13	7	3	13	9	3	13	7	3	13	9	3
0,8	0,345	0,257	1,333	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,017	0,000	0,000	17	12	9	15	11	9	17	12	9	15	11	9
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18	10	8	18	10	8	18	10	8	18	10	8
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	16	11	8	16	11	9	16	11	8	16	11	9
													Avg. Deg:						12	7	5	12	7	4

Çizelge Ek 1.22. PLV yöntemi, Alfa bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: ALL SUBJECT REST-TASK - ALPHA																								
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES											
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK		REST-TASK		Threshold		Threshold					
0	8,120	7,806	1,000	1,000	0,426	0,413	0,426	0,413	0,458	0,438	0,426	0,413	Rest	Task	Rest	Task	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6		
0,1	8,120	7,806	1,000	1,000	0,426	0,413	0,426	0,413	0,458	0,438	0,426	0,413	10	8	5	10	5	3	10	8	5	10	5	3
0,2	7,979	7,710	1,041	1,029	0,424	0,411	0,426	0,412	0,458	0,438	0,432	0,416	10	8	5	9	6	4	10	8	5	9	6	4
0,3	6,731	6,599	1,322	1,287	0,447	0,433	0,435	0,415	0,457	0,437	0,495	0,470	10	8	3	8	5	2	10	8	3	8	5	2
0,4	5,870	5,361	1,544	1,579	0,478	0,441	0,458	0,419	0,454	0,428	0,542	0,510	10	10	8	10	10	7	11	9	9	11	9	7
0,5	5,015	4,261	1,713	1,830	0,450	0,404	0,440	0,377	0,440	0,406	0,544	0,511	10	10	7	11	9	6	10	10	7	11	9	6
0,6	3,203	2,584	2,304	2,503	0,331	0,307	0,377	0,329	0,379	0,342	0,386	0,370	10	8	4	8	5	2	10	8	4	8	5	2
0,7	1,832	0,864	2,184	2,097	0,209	0,094	0,298	0,192	0,196	0,083	0,256	0,094	10	6	2	11	6	2	10	6	2	11	6	2
0,8	0,349	0,085	1,333	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,005	0,000	0,000	15	11	6	13	10	6	15	11	6	13	10	6
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	14	14	6	14	11	5	14	14	6	14	11	5
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	15	10	6	14	9	6	15	10	6	14	9	6
													Avg. Deg:						10	8	5	9	7	4

Çizelge Ek 1.23. PLV yöntemi, Beta bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: ALL SUBJECT REST-TASK - BETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	7,134	7,073	1,000	1,000	0,369	0,370	0,369	0,370	0,412	0,403	0,369	0,370
0,1	7,134	7,073	1,000	1,000	0,369	0,370	0,369	0,370	0,412	0,403	0,369	0,370
0,2	6,660	6,627	1,175	1,152	0,386	0,376	0,382	0,376	0,412	0,403	0,410	0,398
0,3	5,913	5,872	1,345	1,327	0,413	0,400	0,389	0,380	0,411	0,403	0,454	0,440
0,4	4,849	4,448	1,637	1,678	0,405	0,393	0,382	0,361	0,404	0,389	0,484	0,474
0,5	3,583	3,216	2,047	2,105	0,426	0,408	0,366	0,351	0,374	0,357	0,517	0,501
0,6	2,318	1,681	2,503	2,400	0,290	0,193	0,294	0,291	0,302	0,212	0,356	0,233
0,7	0,557	0,470	1,500	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,033	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,133	-0,155	1,000	1,000	2,000	2,000	1,789	1,789	0,825	141,000	0,848	145,000
0,3	-0,128	-0,162	2,000	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	0,655	112,000	0,673	115,000
0,4	0,016	-0,031	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,684	0,480	82,000	0,444	76,000
0,5	0,052	0,175	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,322	55,000	0,292	50,000
0,6	0,175	-0,113	3,000	3,000	5,000	5,000	4,167	3,867	0,193	33,000	0,140	24,000
0,7	-0,789	-0,990	1,000	1,000	3,000	2,000	2,000	1,667	0,041	7,000	0,035	6,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES							
	REST-TASK							
	Rest			Task				
	Threshold	0,4	0,5	0,6	Threshold	0,4	0,5	0,6
Fp1	9	5	3	7	3	1		
Fp2	7	5	3	7	3	0		
F3	7	3	2	6	2	0		
F4	10	9	6	9	8	5		
F7	11	9	6	10	7	3		
F8	10	8	6	9	7	4		
T7	8	3	2	6	2	0		
T8	9	4	2	8	4	1		
C3	12	8	5	12	8	5		
C4	14	8	5	14	8	5		
P7	12	8	6	12	8	5		
P8	8	3	1	6	3	1		
P3	5	3	2	5	3	1		
P4	9	8	4	9	8	4		
O1	10	7	4	9	7	4		
O2	9	8	3	9	8	3		
Pz	4	2	0	4	2	0		
Cz	5	5	3	5	5	3		
Pz	5	4	3	5	4	3		
Avg. Deg:	9	6	3	8	5	3		

Çizelge Ek 1.24. PLV yöntemi, Gama bandı tüm gönüllülerin dinlenme/bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: ALL SUBJECT REST-TASK - GAMMA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	7,891	7,831	1,000	1,000	0,430	0,426	0,430	0,426	0,438	0,435	0,430	0,426
0,1	7,891	7,831	1,000	1,000	0,430	0,426	0,430	0,426	0,438	0,435	0,430	0,426
0,2	7,891	7,831	1,000	1,000	0,430	0,426	0,430	0,426	0,438	0,435	0,430	0,426
0,3	7,142	7,013	1,158	1,175	0,423	0,424	0,422	0,423	0,432	0,428	0,444	0,445
0,4	5,603	5,579	1,439	1,439	0,418	0,441	0,418	0,432	0,406	0,405	0,464	0,476
0,5	3,278	3,300	1,752	1,650	0,371	0,333	0,359	0,390	0,308	0,287	0,434	0,391
0,6	1,004	1,335	1,581	1,982	0,080	0,152	0,225	0,303	0,084	0,128	0,101	0,179
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,3	-0,100	-0,119	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,684	0,842	144,000	0,825	141,000
0,4	0,125	0,080	2,000	2,000	3,000	3,000	2,368	2,368	0,602	103,000	0,596	102,000
0,5	0,103	-0,060	1,000	2,000	3,000	3,000	2,474	2,625	0,316	54,000	0,316	54,000
0,6	0,312	0,101	1,000	2,000	3,000	4,000	2,273	3,364	0,088	15,000	0,117	20,000
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES							
	REST-TASK							
	Rest			Task				
	Threshold	0,4	0,5	0,6	Threshold	0,4	0,5	0,6
Fp1	5	2	0	3	0	0		
Fp2	4	1	0	3	0	0		
F3	4	2	0	4	1	0		
F4	12	8	1	13	7	2		
F7	15	5	2	15	5	3		
F8	14	6	1	13	6	1		
T7	4	1	0	3	0	0		
T8	12	4	0	13	4	0		
C3	14	11	2	14	12	4		
C4	14	8	3	14	10	5		
P7	14	11	2	14	11	3		
P8	11	4	0	10	4	0		
P3	11	4	0	10	4	0		
P4	14	9	4	14	9	4		
O1	14	7	5	14	7	5		
O2	14	9	4	14	9	6		
Pz	10	4	0	10	4	0		
Cz	10	6	3	11	7	4		
Pz	10	6	3	12	8	3		
Avg. Deg:	11	6	2	11	6	2		



Çizelge Ek 1.25. PLV yöntemi, Teta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE REST - THETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,074	8,570	1,000	1,000	0,428	0,459	0,428	0,459	0,457	0,480	0,428	0,459
0,1	8,074	8,570	1,000	1,000	0,428	0,459	0,428	0,459	0,457	0,480	0,428	0,459
0,2	7,880	8,377	1,070	1,058	0,433	0,460	0,434	0,462	0,457	0,480	0,444	0,471
0,3	7,056	7,840	1,251	1,170	0,440	0,457	0,429	0,455	0,457	0,479	0,479	0,487
0,4	6,062	6,906	1,404	1,322	0,447	0,467	0,415	0,448	0,448	0,472	0,505	0,514
0,5	4,437	4,827	1,813	1,772	0,413	0,435	0,383	0,411	0,418	0,434	0,518	0,534
0,6	2,940	3,578	2,392	2,007	0,311	0,452	0,365	0,409	0,360	0,372	0,385	0,541
0,7	0,891	1,188	1,963	2,491	0,167	0,076	0,339	0,169	0,079	0,129	0,167	0,076
0,8	0,350	0,344	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,024	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST			TASK		
	Rest	Task	Task	Rest	Task	Task
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	10	5	2	10	5	3
Fp2	10	5	3	10	5	3
F3	8	5	1	10	6	2
F4	12	9	7	15	10	8
F7	13	9	7	14	11	7
F8	13	9	6	14	10	8
T7	8	4	2	9	6	2
T8	11	6	2	13	8	4
C3	15	11	7	17	12	9
C4	18	10	8	17	10	8
P7	15	11	7	17	11	9
P8	10	5	1	13	8	3
P3	6	4	2	9	4	2
P4	10	9	6	13	9	9
O1	14	8	7	14	7	7
O2	11	9	6	14	9	8
Pz	6	5	2	5	3	0
Cz	7	5	3	9	5	4
Pz	7	5	3	9	5	4
Avg. Deg:	11	7	4	12	8	5

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,154	-0,146	1,000	1,000	2,000	2,000	1,421	1,421	0,930	159,000	0,942	161,000
0,3	-0,149	-0,143	1,000	1,000	2,000	2,000	1,842	1,842	0,749	128,000	0,830	142,000
0,4	-0,166	-0,142	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	2,000	0,596	102,000	0,678	116,000
0,5	0,047	0,060	2,000	2,000	4,000	4,000	3,053	3,000	0,392	67,000	0,421	72,000
0,6	0,256	0,096	3,000	2,000	5,000	4,000	4,053	3,222	0,240	41,000	0,292	50,000
0,7	0,066	0,550	2,000	3,000	4,000	5,000	3,000	4,182	0,064	11,000	0,088	15,000
0,8	-0,998	-0,998	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,023	4,000	0,023	4,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge Ek 1.26. PLV yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE REST - ALPHA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,182	8,099	1,000	1,000	0,429	0,425	0,429	0,425	0,461	0,458	0,429	0,425
0,1	8,182	8,099	1,000	1,000	0,429	0,425	0,429	0,425	0,461	0,458	0,429	0,425
0,2	8,085	7,837	1,029	1,076	0,428	0,423	0,429	0,425	0,461	0,458	0,434	0,436
0,3	6,832	6,798	1,304	1,310	0,436	0,457	0,425	0,442	0,458	0,458	0,486	0,498
0,4	5,762	5,953	1,567	1,532	0,475	0,479	0,453	0,462	0,453	0,454	0,544	0,540
0,5	4,953	4,949	1,737	1,743	0,466	0,449	0,447	0,443	0,440	0,437	0,558	0,543
0,6	3,387	3,188	2,257	2,345	0,362	0,410	0,379	0,398	0,391	0,376	0,447	0,475
0,7	1,947	1,822	2,471	2,184	0,208	0,207	0,380	0,296	0,211	0,195	0,238	0,254
0,8	0,613	0,347	1,300	1,333	0,103	0,000	0,419	0,000	0,041	0,024	0,103	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST			TASK		
	Rest	Task	Task	Rest	Task	Task
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	10	8	5	10	8	5
Fp2	9	8	5	10	8	5
F3	9	8	3	10	8	3
F4	10	10	7	11	10	8
F7	10	9	9	11	9	9
F8	10	9	7	11	10	7
T7	10	7	3	10	8	4
T8	10	6	2	11	6	3
C3	14	11	7	15	10	6
C4	14	14	6	14	14	5
P7	14	10	7	15	10	6
P8	7	4	2	11	6	1
P3	5	4	2	5	3	2
P4	9	8	4	9	8	6
O1	11	7	7	11	7	4
O2	9	8	4	9	8	5
Pz	6	3	3	5	3	1
Cz	6	5	3	5	5	3
Pz	5	5	4	5	5	3
Avg. Deg:	9	8	5	10	8	5

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,071	-0,106	1,000	1,000	2,000	2,000	1,368	1,632	0,971	166,000	0,924	158,000
0,3	-0,024	0,040	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	2,000	0,696	119,000	0,690	118,000
0,4	0,138	0,137	2,000	2,000	3,000	3,000	2,526	2,474	0,520	89,000	0,550	94,000
0,5	0,152	0,195	2,000	2,000	3,000	3,000	2,737	2,789	0,421	72,000	0,427	73,000
0,6	0,188	0,070	3,000	3,000	4,000	4,000	3,632	3,632	0,263	45,000	0,251	43,000
0,7	0,418	0,299	2,000	2,000	5,000	5,000	3,895	3,294	0,140	24,000	0,135	23,000
0,8	0,002	-0,994	1,000	1,000	2,000	2,000	1,556	1,667	0,041	7,000	0,023	4,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge Ek 1.27. PLV yöntemi, Beta bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE REST - BETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	6,932	7,201	1,000	1,000	0,355	0,374	0,355	0,374	0,405	0,414	0,355	0,374
0,1	6,932	7,201	1,000	1,000	0,355	0,374	0,355	0,374	0,405	0,414	0,355	0,374
0,2	6,271	6,738	1,240	1,170	0,381	0,390	0,372	0,386	0,405	0,414	0,413	0,413
0,3	5,547	6,014	1,398	1,333	0,407	0,416	0,375	0,393	0,405	0,414	0,457	0,455
0,4	4,655	4,862	1,655	1,637	0,404	0,406	0,373	0,383	0,399	0,405	0,485	0,485
0,5	3,369	3,693	2,135	1,994	0,419	0,422	0,355	0,362	0,366	0,379	0,517	0,514
0,6	2,268	2,256	2,602	2,516	0,262	0,331	0,260	0,322	0,324	0,300	0,322	0,363
0,7	0,715	0,555	1,789	1,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,058	0,041	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,141	-0,134	1,000	1,000	2,000	2,000	1,842	1,789	0,760	130,000	0,830	142,000
0,3	-0,157	-0,128	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	2,000	0,602	103,000	0,667	114,000
0,4	-0,002	0,015	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,632	0,456	78,000	0,480	82,000
0,5	0,078	0,034	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,298	51,000	0,333	57,000
0,6	0,113	0,213	3,000	3,000	5,000	5,000	4,316	4,167	0,187	32,000	0,187	32,000
0,7	-0,506	-0,792	1,000	1,000	4,000	3,000	2,583	2,000	0,053	9,000	0,041	7,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST			TASK		
	Rest	Task	Task	Rest	Task	Task
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	7	5	3	9	5	2
Fp2	8	5	3	7	5	2
F3	6	3	2	7	3	2
F4	10	7	6	10	9	6
F7	9	9	5	11	9	5
F8	9	7	6	10	9	6
T7	7	3	2	8	3	2
T8	7	3	1	9	4	2
C3	12	7	4	12	8	6
C4	13	8	6	14	9	5
P7	12	7	4	12	8	6
P8	7	3	1	8	5	1
P3	5	2	1	5	3	2
P4	9	7	4	9	8	4
O1	11	7	5	10	7	4
O2	9	8	4	9	8	3
Pz	5	3	1	4	2	0
Cz	5	4	3	5	5	3
Pz	5	4	3	5	4	3
Avg. Deg:	8	5	3	9	6	3

Çizelge Ek 1.28. PLV yöntemi, Gama bandı erkek/kadın dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değerlerine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE REST - GAMMA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,131	7,811	1,000	1,000	0,443	0,425	0,443	0,425	0,452	0,434	0,443	0,425
0,1	8,131	7,811	1,000	1,000	0,443	0,425	0,443	0,425	0,452	0,434	0,443	0,425
0,2	8,131	7,811	1,000	1,000	0,443	0,425	0,443	0,425	0,452	0,434	0,443	0,425
0,3	7,520	7,073	1,129	1,158	0,433	0,420	0,434	0,419	0,447	0,427	0,453	0,440
0,4	6,112	5,681	1,363	1,427	0,429	0,423	0,418	0,423	0,427	0,404	0,474	0,463
0,5	3,751	3,147	1,947	1,869	0,392	0,333	0,371	0,363	0,367	0,299	0,455	0,389
0,6	1,497	0,932	2,167	1,677	0,156	0,118	0,263	0,314	0,170	0,081	0,207	0,127
0,7	0,226	0,000	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,3	-0,121	-0,112	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,684	0,871	149,000	0,842	144,000
0,4	-0,016	0,118	2,000	2,000	3,000	3,000	2,158	2,316	0,649	111,000	0,620	106,000
0,5	0,051	0,094	2,000	1,000	4,000	4,000	3,474	3,211	0,357	61,000	0,304	52,000
0,6	0,008	0,226	3,000	1,000	5,000	3,000	3,769	2,364	0,129	22,000	0,082	14,000
0,7	-0,537	0,000	1,000	0,000	2,000	0,000	1,400	0,000	0,018	3,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST			TASK		
	Rest	Task	Task	Rest	Task	Task
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	6	3	0	5	1	0
Fp2	7	2	0	4	1	0
F3	4	1	0	5	2	0
F4	13	7	2	14	7	1
F7	16	6	3	15	5	2
F8	14	8	3	13	5	1
T7	7	2	0	3	1	0
T8	13	5	0	13	4	0
C3	14	11	4	15	11	2
C4	16	13	6	14	8	2
P7	16	10	4	14	11	2
P8	11	5	1	12	3	0
P3	11	4	1	10	4	0
P4	14	9	4	14	9	4
O1	14	9	6	14	7	3
O2	14	9	4	14	9	5
Pz	12	6	0	9	4	0
Cz	10	6	3	13	6	4
Pz	10	6	3	11	6	2
Avg. Deg:	12	6	2	11	5	1

Çizelge Ek 1.29. PLV yöntemi, Teta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE TASK - THETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,859	8,346	1,000	1,000	0,478	0,450	0,478	0,450	0,493	0,465	0,478	0,450
0,1	8,859	8,346	1,000	1,000	0,478	0,450	0,478	0,450	0,493	0,465	0,478	0,450
0,2	8,817	8,224	1,012	1,035	0,477	0,447	0,479	0,450	0,493	0,465	0,480	0,454
0,3	8,456	7,561	1,094	1,175	0,474	0,449	0,476	0,446	0,493	0,463	0,491	0,475
0,4	7,155	6,498	1,304	1,345	0,478	0,456	0,458	0,433	0,482	0,453	0,523	0,502
0,5	5,232	4,214	1,637	1,854	0,460	0,408	0,422	0,392	0,448	0,406	0,543	0,511
0,6	3,289	2,709	2,187	1,736	0,353	0,343	0,406	0,440	0,388	0,244	0,409	0,396
0,7	1,590	0,937	2,167	1,368	0,166	0,081	0,399	0,243	0,169	0,067	0,199	0,081
0,8	0,441	0,170	1,286	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,009	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST-TASK					
	Rest			Task		
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	10	5	1	8	3	0
Fp2	10	7	4	7	3	0
F3	8	3	1	7	3	0
F4	15	10	8	15	9	6
F7	14	13	6	14	9	5
F8	15	11	8	14	8	5
T7	8	4	2	7	2	0
T8	13	7	2	13	9	4
C3	17	12	9	15	10	8
C4	18	11	8	18	10	8
P7	17	11	8	16	11	9
P8	13	9	2	12	6	1
P3	9	5	2	9	4	2
P4	14	9	6	14	10	8
O1	14	14	7	14	8	7
O2	14	11	8	14	9	6
Cz	10	5	1	8	4	0
P2	10	6	4	10	5	4
Pz	9	5	3	9	5	3

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,077	-0,102	1,000	1,000	2,000	2,000	1,211	1,421	0,988	169,000	0,965	165,000
0,3	-0,163	-0,187	1,000	1,000	2,000	2,000	1,579	1,684	0,906	155,000	0,825	141,000
0,4	-0,176	-0,176	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,696	119,000	0,655	112,000
0,5	-0,018	0,167	2,000	2,000	3,000	4,000	2,474	3,000	0,462	79,000	0,374	64,000
0,6	0,046	-0,019	2,000	2,000	4,000	3,000	3,368	2,571	0,263	45,000	0,222	38,000
0,7	-0,128	0,870	3,000	1,000	5,000	2,000	3,833	1,727	0,117	20,000	0,070	12,000
0,8	-0,641	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,500	1,000	0,029	5,000	0,012	2,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Avg. Deg:					
13	8	5	12	7	4

Çizelge Ek 1.30. PLV yöntemi, Alfa bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE TASK - ALPHA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,066	7,719	1,000	1,000	0,426	0,408	0,426	0,408	0,453	0,433	0,426	0,408
0,1	8,066	7,719	1,000	1,000	0,426	0,408	0,426	0,408	0,453	0,433	0,426	0,408
0,2	7,999	7,501	1,023	1,064	0,426	0,408	0,427	0,409	0,453	0,433	0,430	0,417
0,3	6,831	6,504	1,281	1,292	0,436	0,429	0,423	0,412	0,451	0,433	0,478	0,466
0,4	5,505	5,300	1,585	1,585	0,455	0,435	0,431	0,411	0,442	0,423	0,528	0,504
0,5	4,531	4,103	1,789	1,871	0,431	0,409	0,402	0,372	0,424	0,398	0,534	0,511
0,6	3,092	2,486	2,339	2,515	0,332	0,300	0,360	0,315	0,375	0,336	0,411	0,363
0,7	1,358	0,854	1,935	2,097	0,139	0,093	0,260	0,189	0,130	0,082	0,163	0,093
0,8	0,350	0,000	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST-TASK					
	Rest			Task		
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	10	7	5	9	5	3
Fp2	9	7	5	9	5	3
F3	8	5	2	8	4	2
F4	10	9	7	10	10	6
F7	11	9	7	11	9	7
F8	10	9	7	11	9	6
T7	8	4	2	8	5	2
T8	10	6	2	11	5	2
C3	13	11	7	14	10	6
C4	14	12	6	14	10	5
P7	14	10	7	13	9	6
P8	8	5	2	9	5	1
P3	5	4	2	5	4	2
P4	9	8	4	9	8	4
O1	11	7	7	11	7	4
O2	9	8	4	9	8	4
Cz	5	3	2	5	3	1
P2	5	5	3	5	5	3
Pz	5	5	3	5	5	3

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,089	-0,136	1,000	1,000	2,000	2,000	1,263	1,421	0,977	167,000	0,936	160,000
0,3	-0,111	-0,123	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,895	0,719	123,000	0,708	121,000
0,4	0,049	0,047	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,579	0,509	87,000	0,515	88,000
0,5	0,081	0,027	2,000	2,000	4,000	4,000	2,947	3,211	0,392	67,000	0,368	63,000
0,6	0,273	0,226	3,000	3,000	5,000	5,000	3,947	4,105	0,246	42,000	0,205	35,000
0,7	0,192	0,038	2,000	2,000	4,000	4,000	3,143	3,250	0,099	17,000	0,064	11,000
0,8	-0,994	0,000	1,000	0,000	2,000	0,000	1,667	0,000	0,023	4,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Avg. Deg:					
9	7	4	9	7	4

Çizelge Ek 1.31. PLV yöntemi, Beta bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE TASK - BETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	7,430	6,954	1,000	1,000	0,390	0,364	0,390	0,364	0,420	0,398	0,390	0,364
0,1	7,430	6,954	1,000	1,000	0,390	0,364	0,390	0,364	0,420	0,398	0,390	0,364
0,2	7,040	6,507	1,123	1,158	0,392	0,374	0,393	0,371	0,420	0,398	0,411	0,395
0,3	6,153	5,728	1,322	1,339	0,409	0,399	0,391	0,376	0,420	0,397	0,453	0,438
0,4	4,852	4,302	1,602	1,696	0,419	0,378	0,381	0,351	0,409	0,382	0,493	0,464
0,5	3,724	3,176	2,018	2,105	0,398	0,402	0,370	0,347	0,381	0,353	0,505	0,493
0,6	2,522	1,541	2,415	2,736	0,289	0,234	0,301	0,348	0,340	0,176	0,362	0,277
0,7	0,569	0,390	1,500	1,286	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,026	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,160	-0,150	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,789	0,877	150,000	0,842	144,000
0,3	-0,148	-0,154	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	2,000	0,678	116,000	0,661	113,000
0,4	-0,066	0,002	2,000	2,000	3,000	3,000	2,579	2,684	0,474	81,000	0,433	74,000
0,5	0,166	0,177	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,333	57,000	0,292	50,000
0,6	0,126	0,166	3,000	3,000	5,000	6,000	3,947	4,714	0,211	36,000	0,129	22,000
0,7	-0,776	-0,628	1,000	1,000	3,000	2,000	2,000	1,500	0,041	7,000	0,029	5,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST-TASK					
	Rest		Task		Threshold	
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	8	5	3	6	3	0
Fp2	7	5	3	6	3	0
F3	6	3	2	6	2	0
F4	10	9	6	9	8	4
F7	10	8	7	10	7	3
F8	9	8	6	9	7	4
T7	7	3	2	6	2	0
T8	9	6	1	8	4	2
C3	13	8	7	12	8	4
C4	14	9	6	13	8	5
P7	12	8	6	11	8	5
P8	7	3	1	6	3	1
P3	5	3	1	5	3	1
P4	9	8	4	9	8	2
O1	11	7	6	9	7	4
O2	9	8	4	9	8	3
Pz	5	3	1	4	2	0
Cz	6	5	3	5	5	3
Pz	5	5	3	5	4	3

Avg. Deg:						
9	6	4	8	5	2	

Çizelge Ek 1.32. PLV yöntemi, Gama bandı erkek/kadın bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: MALE-FEMALE TASK - GAMMA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,183	7,714	1,000	1,000	0,448	0,419	0,448	0,419	0,455	0,429	0,448	0,419
0,1	8,183	7,714	1,000	1,000	0,448	0,419	0,448	0,419	0,455	0,429	0,448	0,419
0,2	8,183	7,714	1,000	1,000	0,448	0,419	0,448	0,419	0,455	0,429	0,448	0,419
0,3	7,800	6,759	1,076	1,211	0,437	0,421	0,439	0,425	0,451	0,421	0,451	0,444
0,4	6,048	5,351	1,351	1,520	0,437	0,440	0,427	0,440	0,423	0,397	0,476	0,472
0,5	3,662	3,809	1,883	1,524	0,420	0,343	0,379	0,396	0,361	0,268	0,483	0,401
0,6	1,330	1,467	2,055	1,970	0,161	0,139	0,337	0,270	0,126	0,151	0,206	0,163
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,3	-0,135	-0,047	1,000	1,000	2,000	2,000	1,474	1,842	0,924	158,000	0,789	135,000
0,4	-0,045	0,158	1,000	2,000	2,000	3,000	1,947	2,474	0,649	111,000	0,567	97,000
0,5	0,157	-0,119	2,000	2,000	3,000	3,000	2,684	2,267	0,357	61,000	0,316	54,000
0,6	0,048	0,018	2,000	2,000	4,000	4,000	3,364	3,083	0,117	20,000	0,129	22,000
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	REST-TASK					
	Rest		Task		Threshold	
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	5	2	0	2	0	0
Fp2	5	3	0	2	0	0
F3	5	2	0	4	0	0
F4	15	8	1	12	6	2
F7	18	6	3	11	5	3
F8	14	7	1	13	6	2
T7	5	2	0	2	0	0
T8	13	4	0	13	4	1
C3	15	12	4	14	12	5
C4	14	10	5	14	11	5
P7	15	11	4	14	11	4
P8	10	3	0	10	5	0
P3	11	5	0	10	4	0
P4	14	9	4	14	9	4
O1	14	9	7	14	7	5
O2	14	9	5	14	9	6
Pz	11	5	0	10	4	0
Cz	12	7	3	10	7	4
Pz	12	8	3	11	8	3

Avg. Deg:						
12	6	2	10	6	2	

Çizelge Ek 1.33. PLV yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - THETA												
	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,454	8,424	1,000	1,000	0,452	0,449	0,452	0,449	0,474	0,474	0,452	0,449
0,1	8,454	8,424	1,000	1,000	0,452	0,449	0,452	0,449	0,474	0,474	0,452	0,449
0,2	8,271	8,245	1,058	1,058	0,454	0,450	0,456	0,452	0,474	0,474	0,464	0,461
0,3	7,596	7,557	1,199	1,205	0,450	0,452	0,448	0,445	0,473	0,473	0,485	0,486
0,4	6,800	6,537	1,327	1,363	0,461	0,467	0,444	0,433	0,467	0,464	0,510	0,518
0,5	4,634	4,745	1,789	1,731	0,424	0,433	0,400	0,401	0,428	0,432	0,528	0,531
0,6	3,115	3,370	2,150	2,175	0,438	0,473	0,410	0,383	0,353	0,386	0,505	0,567
0,7	1,041	1,181	1,640	2,788	0,083	0,222	0,226	0,265	0,082	0,140	0,083	0,222
0,8	0,346	0,258	1,333	1,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,017	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - THETA												
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,146	-0,138	1,000	1,000	2,000	2,000	1,421	1,421	0,942	161,000	0,942	161,000
0,3	-0,128	-0,132	1,000	1,000	2,000	2,000	1,842	1,842	0,801	137,000	0,795	136,000
0,4	-0,148	-0,186	2,000	1,000	2,000	2,000	2,000	1,947	0,673	115,000	0,637	109,000
0,5	0,068	0,033	2,000	2,000	4,000	4,000	3,000	2,947	0,404	69,000	0,415	71,000
0,6	0,216	0,162	2,000	2,000	4,000	4,000	3,333	3,368	0,251	43,000	0,275	47,000
0,7	0,804	-0,243	2,000	3,000	4,000	6,000	2,545	4,750	0,076	13,000	0,088	15,000
0,8	-1,000	-0,463	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,400	0,023	4,000	0,018	3,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - THETA												
	DEGREES											
	REST-TASK											
	Rest			Task								
	Threshold			Threshold								
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6						
Fp1	10	5	2	10	7	3						
Fp2	10	5	3	7	5	2						
F3	10	5	2	7	4	2						
F4	15	9	7	12	10	6						
F7	14	11	6	13	9	7						
F8	14	9	7	14	9	7						
T7	9	5	2	9	7	3						
T8	13	7	3	13	6	3						
C3	17	12	8	16	12	9						
C4	17	10	8	18	11	8						
P7	17	10	8	16	11	7						
P8	12	8	1	11	5	3						
P3	9	4	2	6	4	2						
P4	13	9	7	13	9	7						
O1	14	7	7	14	8	7						
O2	14	9	6	12	9	9						
Pz	5	3	0	8	5	2						
Cz	9	5	4	10	6	4						
Pz	8	5	3	9	5	3						
Avg. Deg:	12	7	5	11	7	5						

Çizelge Ek 1.34. PLV yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - ALPHA												
	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,178	7,967	1,000	1,000	0,429	0,418	0,429	0,418	0,462	0,449	0,429	0,418
0,1	8,178	7,967	1,000	1,000	0,429	0,418	0,429	0,418	0,462	0,449	0,429	0,418
0,2	7,956	7,833	1,064	1,041	0,427	0,418	0,429	0,419	0,462	0,449	0,439	0,424
0,3	6,795	6,549	1,322	1,327	0,453	0,448	0,443	0,424	0,462	0,447	0,500	0,491
0,4	6,010	5,573	1,532	1,579	0,483	0,464	0,467	0,437	0,458	0,442	0,545	0,533
0,5	5,053	4,665	1,713	1,807	0,453	0,435	0,444	0,420	0,443	0,425	0,548	0,537
0,6	3,157	3,099	2,310	2,427	0,329	0,392	0,367	0,391	0,380	0,367	0,388	0,460
0,7	1,917	1,668	2,105	1,634	0,219	0,261	0,334	0,352	0,201	0,133	0,265	0,299
0,8	0,351	0,175	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,012	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - ALPHA												
	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
Thr	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,083	-0,113	1,000	1,000	2,000	2,000	1,579	1,421	0,936	160,000	0,959	164,000
0,3	0,095	-0,074	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	0,678	116,000	0,673	115,000
0,4	0,144	0,074	2,000	2,000	3,000	3,000	2,474	2,526	0,550	94,000	0,515	88,000
0,5	0,170	0,189	2,000	2,000	3,000	4,000	2,737	3,105	0,433	74,000	0,404	69,000
0,6	0,139	0,232	3,000	3,000	4,000	5,000	3,632	3,947	0,246	42,000	0,246	42,000
0,7	0,358	0,241	2,000	2,000	4,000	4,000	3,000	2,529	0,140	24,000	0,123	21,000
0,8	-0,994	-0,999	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,023	4,000	0,012	2,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - ALPHA												
	DEGREES											
	REST-TASK											
	Rest			Task								
	Threshold			Threshold								
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6						
Fp1	10	8	5	9	8	5						
Fp2	10	8	5	9	6	5						
F3	10	8	3	9	7	3						
F4	11	10	7	10	10	8						
F7	11	9	9	10	9	8						
F8	11	10	7	10	10	7						
T7	10	8	3	10	7	4						
T8	11	6	2	10	6	3						
C3	15	11	6	15	10	6						
C4	14	14	6	14	12	5						
P7	15	10	6	13	9	5						
P8	11	6	1	8	5	2						
P3	5	4	2	5	3	2						
P4	9	8	5	9	8	5						
O1	11	7	5	11	7	4						
O2	9	8	5	9	8	4						
Pz	5	3	1	5	3	2						
Cz	5	5	3	5	5	3						
Pz	5	5	3	5	5	3						
Avg. Deg:	10	8	4	9	7	4						

Çizelge Ek 1.35. PLV yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - BETA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	7,229	6,885	1,000	1,000	0,375	0,352	0,375	0,352	0,416	0,402	0,375	0,352
0,1	7,229	6,875	1,000	1,006	0,375	0,353	0,375	0,353	0,416	0,402	0,375	0,353
0,2	6,762	6,299	1,170	1,222	0,391	0,377	0,388	0,369	0,416	0,402	0,414	0,407
0,3	6,032	5,441	1,333	1,415	0,411	0,414	0,392	0,377	0,415	0,402	0,454	0,461
0,4	4,923	4,446	1,632	1,731	0,405	0,398	0,388	0,367	0,407	0,393	0,485	0,484
0,5	3,752	3,301	2,000	2,129	0,414	0,443	0,364	0,352	0,380	0,364	0,510	0,528
0,6	2,384	2,064	2,438	2,706	0,301	0,301	0,316	0,295	0,307	0,285	0,363	0,353
0,7	0,557	0,781	1,500	1,412	0,000	0,000	0,000	0,000	0,041	0,058	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,066	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,105	1,000	171,000	0,994	170,000
0,2	-0,129	-0,129	1,000	1,000	2,000	2,000	1,789	1,842	0,830	142,000	0,778	133,000
0,3	-0,096	-0,136	2,000	2,000	2,000	3,000	2,000	2,105	0,667	114,000	0,591	101,000
0,4	0,051	0,048	2,000	2,000	3,000	4,000	2,632	3,000	0,485	83,000	0,433	74,000
0,5	0,080	0,015	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,368	0,339	58,000	0,292	50,000
0,6	0,205	0,161	3,000	3,000	5,000	5,000	4,056	4,389	0,199	34,000	0,170	29,000
0,7	-0,789	-0,072	1,000	1,000	3,000	2,000	2,000	1,692	0,041	7,000	0,058	10,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	Rest			Task		
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	9	5	3	8	5	3
Fp2	8	5	3	5	4	2
F3	8	4	2	5	3	2
F4	10	9	6	10	6	6
F7	11	9	7	9	9	4
F8	10	8	6	9	7	6
T7	8	3	2	8	3	2
T8	9	6	2	7	3	2
C3	12	8	6	12	7	4
C4	14	10	5	12	8	5
P7	12	8	6	11	7	4
P8	8	4	1	6	3	1
P3	5	3	2	5	2	1
P4	9	8	4	9	8	3
O1	10	7	4	9	7	4
O2	9	8	3	9	8	3
Pz	4	2	0	4	2	0
Cz	5	5	3	5	4	3
Pz	5	4	3	5	4	3
Avg. Deg:	9	6	4	8	5	3

Çizelge Ek 1.36. PLV yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız dinlenme durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL REST - GAMMA												
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task
0	8,022	7,549	1,000	1,000	0,438	0,409	0,438	0,409	0,446	0,419	0,438	0,409
0,1	8,022	7,549	1,000	1,000	0,438	0,409	0,438	0,409	0,446	0,419	0,438	0,409
0,2	8,022	7,466	1,000	1,023	0,438	0,407	0,438	0,408	0,446	0,419	0,438	0,411
0,3	7,279	6,659	1,152	1,199	0,429	0,409	0,429	0,403	0,438	0,414	0,450	0,433
0,4	5,935	5,178	1,386	1,503	0,436	0,385	0,437	0,394	0,417	0,389	0,474	0,443
0,5	3,469	2,789	1,730	2,351	0,380	0,319	0,379	0,339	0,315	0,314	0,440	0,374
0,6	1,328	0,867	2,409	1,806	0,152	0,084	0,312	0,261	0,137	0,077	0,182	0,103
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task	
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000
0,2	-0,056	-0,081	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,316	1,000	171,000	0,977	167,000
0,3	-0,100	-0,142	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,737	0,848	145,000	0,801	137,000
0,4	0,106	0,154	2,000	2,000	3,000	3,000	2,263	2,474	0,637	109,000	0,567	97,000
0,5	0,129	0,205	1,000	3,000	3,000	5,000	2,474	4,158	0,333	57,000	0,269	46,000
0,6	0,196	0,549	3,000	1,000	6,000	3,000	4,667	2,636	0,117	20,000	0,076	13,000
0,7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Elektrot	DEGREES					
	Rest			Task		
	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold	Threshold
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
Fp1	5	2	0	4	2	0
Fp2	5	1	0	4	1	0
F3	5	2	0	3	1	0
F4	15	8	2	11	5	1
F7	16	5	2	13	5	2
F8	14	6	1	11	6	1
T7	2	1	0	5	2	0
T8	13	4	0	12	3	0
C3	15	11	4	14	8	2
C4	14	9	4	14	9	2
P7	14	12	3	14	8	2
P8	12	4	0	11	5	0
P3	11	5	1	8	2	0
P4	14	9	5	13	9	3
O1	14	8	5	13	7	4
O2	14	9	6	14	9	3
Pz	10	4	0	10	2	0
Cz	13	8	4	10	4	3
Pz	12	6	3	10	4	3
Avg. Deg:	11	6	2	10	5	1

Çizelge Ek 1.37. PLV yöntemi, Teta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - THETA																								
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES											
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK											
0	8.482	8.455	1.000	1.000	0.457	0.456	0.457	0.456	0.473	0.471	0.457	0.456	Rest			Task								
0,1	8.482	8.455	1.000	1.000	0.457	0.456	0.457	0.456	0.473	0.471	0.457	0.456	Threshold			Threshold								
0,2	8.403	8.434	1.023	1.006	0.456	0.456	0.457	0.456	0.473	0.471	0.460	0.457	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6						
0,3	7.778	7.791	1.158	1.146	0.454	0.450	0.453	0.449	0.471	0.469	0.479	0.475	Elektrot											
0,4	6.690	6.665	1.333	1.327	0.464	0.453	0.440	0.435	0.461	0.458	0.509	0.500	Fp1	9	3	0	8	4	1					
0,5	4.433	4.451	1.766	1.789	0.417	0.440	0.394	0.403	0.418	0.414	0.519	0.526	Fp2	8	4	1	9	5	1					
0,6	2.746	2.721	1.895	2.050	0.298	0.275	0.439	0.409	0.267	0.286	0.339	0.313	F3	7	3	0	7	2	1					
0,7	1.032	0.866	1.278	1.313	0.170	0.324	0.495	0.483	0.069	0.059	0.204	0.324	F4	15	10	6	15	9	6					
0,8	0.343	0.171	1.333	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.009	0.000	0.000	F7	14	10	5	14	8	5					
0,9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	F8	14	9	6	15	9	5					
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	T7	7	3	0	7	3	1					
													T8	13	9	3	13	5	2					
													C3	15	10	8	17	11	9					
													C4	18	10	8	17	11	8					
													P7	17	11	9	15	12	6					
													P8	13	6	1	12	5	0					
													P3	9	4	2	9	5	2					
													P4	14	10	7	14	9	6					
													O1	14	8	7	14	9	7					
													O2	14	10	6	14	10	8					
													Pz	8	4	0	10	5	1					
													Cz	10	5	4	10	8	4					
													Pz	9	5	3	10	6	3					
													Avg. Deg:			12	7	4	12	7	4			

Çizelge Ek 1.38. PLV yöntemi, Alfa bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - ALPHA																								
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES											
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK											
0	7.935	7.470	1.000	1.000	0.420	0.393	0.420	0.393	0.444	0.422	0.420	0.393	Rest			Task								
0,1	7.935	7.470	1.000	1.000	0.420	0.393	0.420	0.393	0.444	0.422	0.420	0.393	Threshold			Threshold								
0,2	7.858	7.221	1.023	1.076	0.419	0.391	0.420	0.393	0.444	0.422	0.423	0.403	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6						
0,3	6.698	6.114	1.287	1.333	0.435	0.421	0.420	0.398	0.443	0.422	0.475	0.462	Elektrot											
0,4	5.517	4.898	1.556	1.643	0.445	0.417	0.423	0.396	0.434	0.411	0.514	0.495	Fp1	10	6	4	8	5	3					
0,5	4.362	3.781	1.795	1.953	0.412	0.419	0.384	0.367	0.413	0.384	0.517	0.512	Fp2	9	6	5	8	5	3					
0,6	2.737	2.332	2.468	2.667	0.317	0.314	0.339	0.329	0.350	0.295	0.381	0.377	F3	8	5	2	8	3	2					
0,7	1.097	0.554	2.000	1.455	0.086	0.000	0.282	0.000	0.104	0.039	0.105	0.000	F4	11	10	7	10	10	6					
0,8	0.170	0.084	1.333	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.005	0.000	0.000	F7	11	9	7	10	9	7					
0,9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	F8	11	9	6	10	9	6					
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	T7	8	5	2	8	5	3					
													T8	11	6	2	9	5	2					
													C3	14	11	6	12	8	4					
													C4	14	11	5	14	8	5					
													P7	14	9	6	13	9	6					
													P8	9	5	1	6	4	1					
													P3	5	4	2	5	3	2					
													P4	10	8	5	9	7	3					
													O1	11	7	4	9	7	4					
													O2	9	8	5	9	8	3					
													Pz	5	3	1	4	2	0					
													Cz	5	5	3	5	5	3					
													Pz	5	5	3	5	4	3					
													Avg. Deg:			9	7	4	9	6	3			

Çizelge Ek 1.39. PLV yöntemi, Beta bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - BETA																		
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			Threshold		
0	7,111	6,974	1,000	1,000	0,373	0,364	0,373	0,364	0,405	0,399	0,373	0,364						
0,1	7,111	6,974	1,000	1,000	0,373	0,364	0,373	0,364	0,405	0,399	0,373	0,364						
0,2	6,663	6,456	1,152	1,175	0,378	0,372	0,378	0,370	0,405	0,399	0,401	0,397						
0,3	5,959	5,628	1,316	1,363	0,400	0,404	0,382	0,372	0,404	0,398	0,438	0,445						
0,4	4,543	4,385	1,661	1,661	0,392	0,398	0,361	0,359	0,391	0,386	0,473	0,475						
0,5	3,274	3,052	2,099	2,175	0,412	0,411	0,356	0,327	0,358	0,350	0,502	0,506						
0,6	1,688	1,751	2,231	2,838	0,208	0,234	0,331	0,268	0,196	0,243	0,249	0,274						
0,7	0,472	0,468	1,333	1,333	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,033	0,000	0,000						
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK			Threshold		
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000						
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000						
0,2	-0,156	-0,162	1,000	1,000	2,000	2,000	1,789	1,789	0,848	145,000	0,825	141,000						
0,3	-0,163	-0,201	1,000	1,000	2,000	2,000	1,947	1,947	0,684	117,000	0,637	109,000						
0,4	-0,046	-0,069	2,000	2,000	3,000	3,000	2,632	2,684	0,456	78,000	0,439	75,000						
0,5	0,184	0,135	2,000	2,000	4,000	4,000	3,368	3,421	0,298	51,000	0,275	47,000						
0,6	-0,046	0,219	3,000	3,000	4,000	6,000	3,571	4,765	0,140	24,000	0,146	25,000						
0,7	-0,992	-0,989	1,000	1,000	2,000	2,000	1,667	1,667	0,035	6,000	0,035	6,000						
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						

DEGREES						
REST-TASK						
Rest			Task			
Threshold						
0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	
Fp1	7	3	0	7	3	2
Fp2	7	3	0	6	3	1
F3	6	2	0	6	2	2
F4	9	8	4	10	6	5
F7	11	7	4	9	8	3
F8	9	7	4	9	6	4
T7	6	2	0	6	3	2
T8	8	5	1	7	3	2
C3	12	8	6	13	7	4
C4	14	9	5	14	8	5
P7	12	8	5	11	7	3
P8	8	3	1	5	3	0
P3	5	3	1	5	3	1
P4	9	8	4	9	7	3
O1	10	7	4	9	7	4
O2	9	8	3	9	8	3
Pz	4	2	0	4	2	0
Cz	5	5	3	6	5	3
Pz	5	4	3	5	3	3

Avg. Deg:					
8	5	3	8	5	3

Çizelge Ek 1.40. PLV yöntemi, Gama bandı başarılı/başarısız bilişsel görev durumu ağ parametrelerinin eşik değişimine göre değerleri.

PLV: SUCCESSFUL-UNSUCCESSFUL TASK - GAMMA																		
Thr	Strength		Avg. Path L.		C. Coef.		Transitivity		Global efficiency		Local efficiency		DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	REST-TASK			Threshold		
0	8,030	7,316	1,000	1,000	0,437	0,397	0,437	0,397	0,446	0,407	0,437	0,397						
0,1	8,030	7,316	1,000	1,000	0,437	0,397	0,437	0,397	0,446	0,407	0,437	0,397						
0,2	8,030	7,254	1,000	1,018	0,437	0,396	0,437	0,396	0,446	0,406	0,437	0,398						
0,3	7,185	6,389	1,175	1,211	0,435	0,396	0,434	0,397	0,438	0,400	0,456	0,420						
0,4	5,976	4,657	1,374	1,596	0,458	0,397	0,451	0,388	0,420	0,367	0,487	0,446						
0,5	3,647	2,443	1,592	1,822	0,348	0,282	0,406	0,339	0,300	0,233	0,402	0,334						
0,6	1,748	0,653	1,803	1,375	0,180	0,053	0,375	0,165	0,163	0,047	0,202	0,053						
0,7	0,074	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000						
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						

Thr	Assortativity		Radius		Diameter		Avg nodal ecc		Density-Rest		Density-Task		DEGREES					
	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Rest	Task	Density	N.Links	Density	N.Links	REST-TASK			Threshold		
0	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000						
0,1	-0,056	-0,056	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	171,000	1,000	171,000						
0,2	-0,056	-0,063	1,000	1,000	1,000	2,000	1,000	1,211	1,000	171,000	0,982	168,000						
0,3	-0,154	-0,012	1,000	1,000	2,000	2,000	1,684	1,842	0,825	141,000	0,789	135,000						
0,4	0,031	0,085	2,000	2,000	3,000	3,000	2,105	2,474	0,632	108,000	0,515	88,000						
0,5	-0,119	0,305	2,000	1,000	3,000	4,000	2,563	2,474	0,345	59,000	0,240	41,000						
0,6	0,142	0,173	2,000	1,000	3,000	2,000	2,667	1,818	0,152	26,000	0,058	10,000						
0,7	0,000	0,000	1,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,006	1,000	0,000	0,000						
0,8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
0,9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000						

Avg. Deg:					
11	6	3	9	4	1



## ÖZGEÇMİŞ

Sait DEMİR, ilk ve orta öğrenimini Mucur-Kırşehir’de Lise eğitimini ise Kırşehir Endüstri Meslek Lisesi Bilgisayar Bölümü’nde tamamladı. 2002 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2008 yılında mezun oldu. 2018 yılında ikinci lisans eğitimini Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. 2010 yılında Şırnak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2015 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı ve bir süre çalıştıktan sonra Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne araştırma görevlisi olarak görevlendirildi. 2015 yılında yüksek lisansını Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda tamamladı. 2015 yılında başladığı doktora eğitimine Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda devam etmektedir. Halen Karabük Üniversite’nde görevine devam etmektedir.