



ارزیابی معیارهای گراف شبکه ارتباطات کارکردی مغز در مبتلایان به اختلال دوقطبی با استفاده از تصویربرداری تشدید مغناطیسی عملکردی

سپیده غفوری، علی خادم

گروه مهندسی پزشکی، دانشکده مهندسی برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Sepidehghafouri@email.kntu.ac.ir

Alikhadem@email.kntu.ac.ir

۱. مقدمه

اختلال دوقطبی^۱ یک وضعیت خلقی است که با دوره های شدیدایی / هیپومانیا، گاهی اوقات در تناوب یا همراه با دوره های افسردگی تعریف می‌شود [1]. این اختلال معمولاً در اوایل بزرگسالی، پس از یک رویداد استرس‌زا در زندگی ظاهر می‌شود، به تدریج بدتر شده و دوره‌های آن با گذشت زمان شدیدتر می‌شود و می‌تواند منجر به سوء مصرف مواد اعتیادآور و سایر مشکلات سلامتی فیزیکی مزمن شود [2]. طبق آخرین مطالعات انجام شده، اختلال دوقطبی؛ ۲/۴ درصد از جمعیت سراسر جهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد [3]. از عوامل آسیب‌زای این بیماری می‌توان به خودکشی اشاره کرد. احتمال خودکشی در بین این بیماران، ۱۰ الی ۳۰ برابر بیشتر از جمعیت عمومی است [4].

با توجه به اهمیت این بیماری و مشکلات ناشی از آن، متأسفانه تشخیص این بیماری همواره با مشکلاتی مواجه بوده است و تا کنون روانپزشکان نتوانسته‌اند به روشی برای تشخیص قطعی این بیماران دست پیدا کنند. در حال حاضر نحوه‌ی تشخیص این بیماری در اکثر نقاط جهان یکسان است و بر طبق یک سری از معیارهای روانشناسی انجام می‌شود. قابل ذکر است که به دلیل نبود بعضی از نشانه‌های دوقطبی در برخی از بیماران، ممکن است افرادی به اشتباه بیمار و یا سالم تشخیص داده شوند [5]. در سالیان اخیر، استفاده از تصاویر تشدید مغناطیسی عملکردی^۲ تا حد قابل قبولی در تشخیص این بیماری به کمک آمده است. داده‌های عملکردی به علت رزولوشن مکانی بالا و رزولوشن زمانی قابل

چکیده- هدف از انجام این پژوهش، مقایسه شبکه‌های مغزی دو گروه افراد سالم و دو قطبی برای تشخیص قطعی و زودهنگام افراد BD است. در این مطالعه، از تصاویر RS-fMRI و از روش تئوری گراف برای بررسی توپولوژی شبکه سراسری و گره ای مغز استفاده شد. مجموعه داده ها از ۹۵ فرد تصویربرداری شده بود که از این افراد، ۵۵ نفر آن‌ها سالم و ۴۰ نفر دوقطبی بودند. مقدار آستانه ماتریس کانکتیویته، ۰/۳ در نظر گرفته شد. نتیجه به دست آمده نشان می‌دهد که (۱) در سطح جهانی، بیماران دوقطبی اختلاف معناداری با افراد سالم ندارند. (۲) در سطح گره، بیماران دوقطبی پارامترهای گره‌ای متفاوتی در شبکه های شکنج و پاراهیبوکامپ نشان دادند. تغییرات گره‌ای مناطق خاص مغز، می‌تواند نمایانگر نشانگرهای زیستی باشد و در تشخیص این افراد کمک کند.

کلمات کلیدی- اختلال دوقطبی، تصویربرداری تشدید مغناطیسی در حالت استراحت، تئوری گراف

² Resting state functional magnetic resonance imaging

¹ Bipolar disorder (BD)



۲. مواد و روش‌ها

۲-۱- افراد مورد مطالعه و اخذ تصاویر

مجموعه داده‌ها از سایت <http://openneuro.org/datasets/ds00030> دانلود شد.

تصویربرداری از ۵۵ فرد سالم و ۴۰ فرد دارای اختلال دوقطبی انجام شده است. برای تشخیص افراد دارای اختلال دوقطبی از آزمون‌های HAMD و YMRS استفاده شده است. برای اخذ داده‌های RS-fMRI از تصویربرداری با وزن T_2^* با برش‌های اکسیال استفاده شده که مشخصات آن به این صورت است: ضخامت هر برش ۴ میلی‌متر، تعداد کل برش‌ها ۳۴، TR برابر ۲ ثانیه، TE برابر ۳ ثانیه، زاویه چرخش ۹۰ درجه، ماتریس 64×64 و میدان دید 192×192 m². همچنین در تمامی مراحل اخذ داده‌ها، چشم افراد بسته بود.

۲-۲- پیش‌پردازش داده‌ها

در مرحله ۱، ۵ حجم اولیه از داده‌ها حذف شدند. در مرحله ۲، اصلاح حرکت^۶ انجام شد و به این منظور همه حجم‌ها به حجم وسطی منطبق شدند. در مرحله ۳، اصلاح زمان بندی اسلایس‌ها انجام شد. در مرحله ۴، فیلتر مکانی نرم کننده (فیلتر پایین گذر) اعمال شد. این فیلتر مکانی گوسی با $FWHM^8$ برابر ۵ میلی‌متر اعمال گردید. در مرحله ۵، فیلتر زمانی که یک فیلتر بالاگذر با فرکانس قطع ۰/۰۱ است، اعمال شد و در مرحله آخر تمامی تصاویر عملکردی بر یک تصویر استاندارد MNI منطبق شدند.

۲-۳- استخراج سری زمانی یا رجیستر کردن داده‌ها روی اطلس

برای استخراج سری زمانی نواحی از اطلس Harvard-Oxford استفاده شد. این اطلس ساختاری از جمله اطلس‌های احتمالاتی است، که ۴۸ ناحیه ساختاری قشری و ۲۱ ناحیه ساختاری زیر قشری را پوشش می‌دهد [11].

۲-۴- ماتریس کانکتیویته عملکردی

ماتریس کانکتیویته از محاسبه همبستگی پیرسون بین سیگنال BOLD هر ناحیه به دست آمد. در مجموع، داده‌های هر فرد مورد مطالعه ۶۹ (۲۱+۴۸) ناحیه از اطلس به دست آمده) ناحیه داشت. ابعاد ماتریس کانکتیویته برای هر فرد 69×69 به دست آمد. فقط مقادیر مثبت نگه داشته شدند و مقادیر منفی که درصد کمی از ماتریس را شامل بودند، به صفر تبدیل شدند [7].

قبول، از بین بقیه روش‌های تصویربرداری گزینه مناسب‌تری است. به دلیل شرایط خاص بیماری که تصویربرداری در حالت انجام کاری خاص را با مشکلاتی مواجه می‌سازد، استفاده از تصاویر تشدید مغناطیسی در حالت استراحت، انتخاب بهتری برای مطالعه این افراد است.

در سالیان اخیر، تئوری گراف یکی از روش‌هایی بوده که برای بررسی داده‌های fMRI^۳ مورد بررسی قرار گرفته است؛ زیرا شبکه‌های مغزی مدلی از یک سیستم عصبی یا یک سیستم پیچیده دنیای واقعی است و شامل تعدادی گره است که این گره‌ها توسط مجموعه‌ای از لبه‌ها به هم متصل شده‌اند. لبه‌ها می‌توانند ارتباطات عملکردی بین گره‌های منطقه قشری و زیرقشری را، براساس تجزیه و تحلیل داده‌های تصویربرداری عصبی انسان نشان دهند [6]. در واقع گره‌ها معمولاً در شبکه مغزی و در مقیاس بزرگ نواحی مغز را نشان می‌دهند، در حالی که لبه‌ها اتصالات عملکردی را نشان می‌دهند. بزرگی این اتصالات به بزرگی همبستگی زمانی است [7].

در اکثر مطالعات انجام شده در این حوزه روش‌های خوشه بندی، آنالیز مولفه‌های مستقل، دامنه نوسانات فرکانس پایین [8,9,10] انجام گرفته و سپس مقایسه‌های آماری انجام شده است. هر یک از این روش‌ها دارای چالش‌هایی بوده که امکان مقایسه صحیح را فراهم نکرده است. از روش تئوری گراف به ندرت برای بررسی توپولوژی مغز استفاده شده و مقایسه شکل گرفته است با این حال مطالعات جامعی صورت نگرفته است و اطلاعات زیادی در دسترس نیست. حال آنکه؛ به کمک این روش و بررسی پارامترها، می‌توان به نتایج خوبی دست پیدا کرد که با استناد به آن‌ها بتوان دو گروه را متمایز کرد.

در این مطالعه، از مجموعه تصاویر RS-fMRI از دو گروه افراد سالم^۴ و BD استفاده شد. بعد از انجام پیش‌پردازش، از اطلس Harvard-Oxford برای رجیستر کردن ناحیه‌های مغز استفاده شد. برای بررسی شبکه مغز از تئوری گراف استفاده شد. به این منظور، جهت محاسبه پارامترهای گراف، ماتریس عملکردی داده‌ها با محاسبه همبستگی پیرسون بین نواحی محاسبه شد. سپس برخی از پارامترهای گلوبال^۵ و نودال^۶ محاسبه شدند. در مرحله آخر و برای مقایسه دو گروه، تست‌های آماری با $p = 0.05$ بین دو گروه محاسبه شدند.

⁶ Nodal parameters

⁷ Motion correction

⁸ Full width at half maximum

³ functional magnetic resonance imaging

⁴ Health control (HC)

⁵ Global parameters

۲-۵- آنالیز شبکه

۲-۵-۱ پارامترهای گلوبال

پارامترهای گلوبال پارامترهایی هستند که برای کل شبکه مغزی یک عدد نتیجه می‌دهند. تفسیر این پارامترها برای داده‌های عملکردی پیچیده است [7]. از پارامترهای گلوبال که در این مطالعه استفاده شد؛ مشخصه طول مسیر^۹ و بازده جهانی^{۱۱} است. مشخصه طول مسیر، میانگین تمام کوتاهترین مسیرها بین هر جفت گره ممکن در شبکه است و از رابطه زیر به دست می‌آید [5,18]:

$$L = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j \in N, i \neq j} d_{i,j} \quad (1)$$

درایه $d_{i,j}$ از ماتریس نشان‌دهنده‌ی فاصله میان دو گره i و j است. اگر مسیری از i به j وجود نداشته باشد، $d_{i,j} = \infty$ در نظر گرفته می‌شود.

بازده جهانی، میانگین عکس‌های کوتاهترین طول مسیرها است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i,j \in N, i \neq j} \frac{1}{d_{i,j}} \quad (2)$$

همانگونه که از فرمول مشهود است، عکس معیار مشخصه طول مسیر است و اگر مسیری از i به j وجود نداشته باشد، مقدار E برابر با صفر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۵-۲ پارامترهای نودال

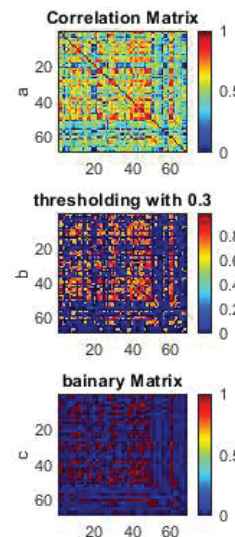
این پارامترها، برای هر گره یک مقدار متفاوت نتیجه می‌دهد. تحلیل این پارامتر برعکس داده‌های گلوبال برای تفسیر ساده‌تر هستند و نتایج خوبی به دست می‌دهند [5]. در این مطالعه، از دو معیار ضریب خوشه بندی^{۱۲} و مرکزیت بینابینی^{۱۳} استفاده شد. ضریب خوشه بندی، کمیت اصلی ساختار منطقه‌ای یا گره‌ای یک گراف است و فرمول آن به صورت زیر است:

$$C_i = \frac{2e_i}{k_i(k_i-1)} \quad (3)$$

ضریب خوشه بندی C_i مربوط به گره i با درجه K_i به صورت نسبت تعداد یال‌های میان گره‌های همسایه گره i (e_i) به تمام یال‌های ممکن میان گره‌های همسایه گره i تعریف می‌شود [5]. بازه تغییرات ضرایب خوشه بندی بین صفر تا یک است. ضریب خوشه بندی بالا به این معناست که گره‌ها با یکدیگر خیلی زیاد و یا به طور کامل در ارتباطند.

مرکزیت بینابینی نشان‌دهنده کسری از کوتاه‌ترین مسیرهایی است که از یک گره مربوطه می‌گذرند. گره‌هایی با مقادیر بالای

از تولباکس BCT (Brain Connectivity toolbox) و نرم افزار متلب برای تحلیل شبکه و محاسبه پارامترهای گراف استفاده شد. در ماتریس کانکتیویتی عملکردی، با توجه به اینکه لبه یا اتصالات ضعیف ممکن است، نشان دهنده اتصالات جعلی باشند از آستانه گذاری استفاده شد. روش آستانه گذاری شامل چندین روش است [12]. در این مطالعه از روش آستانه گذاری سراسری^۹ استفاده شده است. خود این روش شامل دو روش Absolute- و Density-based است. در روش اول یک مقدار دلخواه آستانه تعیین می‌شود و مقادیر بالاتر از آن در ماتریس باقی می‌مانند و مقادیر کوچکتر از آن صفر می‌شوند. این روش به دلیل اینکه تعداد لبه‌های متفاوتی نتیجه می‌دهد و تحلیل نتایج را دچار مشکل می‌کند، روش مناسبی نیست. برای رفع این مشکل، در این مطالعه از روش آستانه گذاری Density-Based استفاده شد. در این روش تعداد $T\%$ از قوی‌ترین اتصالات حفظ می‌شود و بقیه صفر می‌شوند و تعداد لبه‌های یکسانی به دست می‌آید [13,14]. مقدار T با توجه به پژوهش مختلف در این حوزه انتخاب گردید و مقدار 0.3 به عنوان آستانه روی داده‌ها اعمال شد [15,16,17,18]. در مرحله بعد ماتریس آستانه گذاری شده، تبدیل به ماتریس باینری شد. طبق مطالعات اخیر، وزن لبه‌ها کنار گذاشته می‌شوند، زیرا شبکه باینری در اکثر موارد برای تحلیل ساده‌تر هستند [7].



شکل ۱ الف: ماتریس کانکتیویتی برای یک سابجکت ب: ملتریس آستانه گذاری شده با مقدار 0.3 ج: ماتریس باینری

¹² Clustering coefficient (CC)

¹³ Betweenness centrality (BC)

⁹ Global thresholding

¹⁰ Characteristic path length (CP)

¹¹ Global efficiency (GE)



همانطور که پیش‌تر اشاره شد، پارامترهای گراف معیار خوبی برای مقایسه شبکه‌های عملکردی نیستند. زیرا ممکن است در آستانه گذاری مجموعه از ارتباطات به اشتباه حذف شوند، در این صورت مشخصه طول مسیر بی‌نهایت به دست آمده و مقدار بازده جهانی صفر به دست می‌آید. با توجه به برخی از مطالعات با در نظر گرفتن مقدار آستانه بزرگتر، مشخصه طول مسیر بی‌نهایت به دست نمی‌آید. حال آنکه آستانه بزرگتر احتمال وجود ارتباطات جعلی را افزایش می‌دهد.

۳-۳- پارامترهای نودال

برای معیار ضریب خوشه‌بندی و مرکزیت گره، برای برخی از گره‌ها آزمون Mann-Whitney و برای برخی آزمون T-test انجام شد. نتایج این دو معیار به صورت جدول زیر به دست آمد:

جدول ۲: نتایج حاصل از مقایسه معیار CC بین دو گروه

ضریب خوشه بندی		
مقدار p-value	آزمون انجام شده	نام گره
0.0155	Mann-Whitney	Middle Temporal gyrus

جدول ۳: نتایج حاصل از مقایسه معیار BC بین دو گروه

مرکزیت بینابینی		
مقدار p-value	آزمون انجام شده	نام گره
0.024	Mann-Whitney	Right caudate
0.014	Mann-Whitney	Para-hippocampal gyrus

با توجه به جدول ۱ و ۲ برای سه ناحیه پاراهیپوکامپ، شکنج میانی و دم راست اختلاف معناداری به دست آمد. با توجه به مطالعات پیشین، در اکثر مقالات نواحی پاراهیپوکامپ و شکنج دچار اختلالاتی بوده است که با مطالعه نتایج کلینیکی مقالات مختلف می‌توان مهر تاییدی بر این نتایج زد [19,20,21]. اختلال در ناحیه هیپوکامپ و ناحیه شکنج میانی یادگیری را مختل می‌کند.

BC را، می‌توان به عنوان گره‌های هاب تفسیر کرد که بخش‌های و اگر از شبکه را ادغام می‌کنند و با فرمول زیر محاسبه می‌شود [7,17]:

$$b_i = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{\substack{h,j \in N \\ h \neq i, j \neq i}} \frac{\rho_{hj}(i)}{\rho_{hj}} \quad (4)$$

مقدار ρ_{hj} ، تعداد کوتاهترین مسیر بین h و j است و مقدار $\rho_{hj}(i)$ تعداد کوتاهترین مسیر بین h و j است که از گره i نیز عبور می‌کند.

۳-۲- آنالیز آماری

برای مقایسه بین دو گروه از تست‌های آماری استفاده شد، تا بررسی شوند معیارهای مختلف گراف در بین دو گروه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر دارند یا نه. با توجه به اینکه مقادیر هر گروه غیرنرمال بود، از آزمون غیرپارامتری Mann-Whitney استفاده شد. برای استنتاج غیرنرمال بودن معیارها از آزمون Shapiro-Wilk test استفاده شد و سپس برای انجام آزمون پارامتری یا غیر پارامتری تصمیم‌گیری شد.

۳. نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون Shapiro-Wilk test

این آزمون بر روی داده‌های حاصل از پارامترهای گلوبال و نودال انجام شد. نتایج به صورت جدول زیر به دست آمد:

جدول ۱: نتایج حاصل از آزمون Shapiro-Wilk test

مقدار p-value	نام دسته
$P < 0.05$	پارامترهای گلوبال (GE و CP)
$P < 0.05$	تعداد ۵۹ گره از CC و ۵۵ گره از BC
$P > 0.05$	تعداد ۱۰ گره از CC و ۱۴ گره از BC

باتوجه به نتایج، برای مقادیری که p-value کوچکتر از ۰/۰۵ به دست آمد، از آزمون غیر پارامتری Mann-Whitney و مقادیری که بزرگتر از ۰/۰۵ به دست آمد، بعد از بررسی انحراف معیار، از آزمون T-test برای مقایسه دو گروه استفاده شد.

۳-۲- پارامترهای گلوبال

برای معیار طول مشخصه مسیر، مقدار بی‌نهایت به دست آمد و امکان مقایسه آماری فراهم نشد. برای معیار کارایی جهانی، با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها آزمون Mann-Whitney انجام شد و در این پژوهش اختلاف معناداری به دست نیامد ($P=0.27$).



- [۱۳] Liu, X., He, Y., Gao, Y., Booth, J. R., Zhang, L., Zhang, S., Lu, C., & Liu, L. "Developmental differences of large-scale functional brain networks for spoken word processing". *Brain and Language*, 231, 105149. (2022).
- [14] van den Heuvel, M. P., de Lange, S. C., Zalesky, A., Seguin, C., Yeo, B. T., & Schmidt, R. "Proportional thresholding in resting-state fMRI functional connectivity networks and consequences for patient-control connectome studies: Issues and recommendations". *NeuroImage*, 152, 437-449. (2017).
- [15] Bassett, D. S., Nelson, B. G., Mueller, B. A., Camchong, J., & Lim, K. O. "Altered resting state complexity in schizophrenia". *NeuroImage*, 59(3), 2196-2207. (2012).
- [16] Lynall, M. E., Bassett, D. S., Kerwin, R., McKenna, P. J., Kitzbichler, M., Muller, U., & Bullmore, E. "Disrupted resting-state functional connectivity in minimally treated chronic schizophrenia". *Journal of Neuroscience*, 30(28), 9477-9487. (2010).
- [17] Yu Z, Qin J, Xiong X, Xu F, Wang J, Hou F, Yang A "Abnormal topology of brain functional networks in unipolar depression and bipolar disorder using optimal graph thresholding". *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry* 96:10975. (2020).
- [18] Zhang, L., Wu, H., Zhang, A., Bai, T., Ji, G. J., Tian, Y., & Wang, K. Aberrant brain network topology in the frontoparietal-limbic circuit in bipolar disorder: a graph-theory study. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 271(7), 1379-1391. (2021).
- [19] Magioncalda, Paola, et al. "Functional Connectivity and Neuronal Variability of Resting State Activity in Bipolar Disorder-Reduction and Decoupling in Anterior Cortical Midline Structures". *Human Brain Mapping*, vol. 36, pp. 666-682, (2014).
- [20] Stegmayer K., et al. "Disturbed cortico-amygdalar functional connectivity as pathophysiological correlate of working memory deficits in bipolar affective disorder". *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. (2014).
- [21] Watts, D. J., & Strogatz, S. H. "Collective dynamics of 'small-world' networks". *Nature*, 393(6684), 440-442. (1998).

علاوه بر این نواحی، در این مطالعه ناحیه دم سمت راست^{۱۴} نشان دهنده اختلالاتی است. اختلال این ناحیه در مغز باعث مشکلاتی نظیر از دست دادن نیروی محرکه، اختلال وسواس فکری و بیش فعالی می‌باشد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج، این مطالعه؛ اختلاف معناداری در سازمان توپولوژیک مغز در سطح گلوبال نشان نداد که ممکن است به دلیل آستانه گذاری باشد. ولی تغییرات گره ای مناطق خاص را در افراد BP نشان داد که می‌تواند نشانگرهای زیستی خوبی به عمل آورد و باعث تشخیص افراد مبتلا به اختلال دوقطبی و افراد سالم شود. این تشخیص در مقایسه با روش‌های رایج مورد استفاده دقت بالاتری دارد و می‌توان با تشخیص صحیح تر به درمان زود هنگام این بیماران کمک کرد.

مراجع

- [1] Abreu, L. N. D., Lafer, B., Baca-Garcia, E., & Oquendo, M. A. "Suicidal ideation and suicide attempts in bipolar disorder type I: an update for the clinician". *Revista Brasileira De Psiquiatria*, 31(3), 271-280. (2009).
- [2] Muneer, A. "The Neurobiology of Bipolar Disorder: An Integrated Approach". *Chonnam Medical Journal*, 52(1), (2016).
- [3] Merikangas, K. R., Jin, R., He, J.-P., Kessler, R. C., Lee, S., Sampson, N. A., Carmen, M. Andrade, L. H., Hu, C., Karam, E. G., Ladea, M., Medina Mora, M. E., Oakley Browne, M., Ono, Y., Posada-Villa, J., Sagar, R., & Zarkov, Z. "Prevalence and correlates of bipolar spectrum disorder in the world mental health survey initiative". *Archives of General Psychiatry*, 68(3), 241-251. (2011).
- [4] Dome, P., Rihmer, Z., & Gonda, X. "Suicide risk in bipolar disorder: A brief review". *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 55(8), 403. (2019).
- [5] Wang, X., Xia, M., Lai, Y., Dai, Z., Cao, Q., Cheng, Z., Han, X., Yang, L., Yuan, Y., Zhang, Y., Li, K., Ma, H., Shi, C., Hong, N., Szeszko, P., Yu, X., & He, Y. "Disrupted resting-state functional connectivity in minimally treated chronic schizophrenia". *Schizophrenia Research*, 156(2-3), 150-156. (2014).
- [6] Bullmore, E. T., & Bassett, D. S. Brain Graphs: "Graphical Models of the Human Brain Connectome". *Annual Review of Clinical Psychology*, 7(1), 113-140. (2011).
- [7] Rubinov, M., & Sporns, O. "Complex network measures of brain connectivity: Uses and interpretations". *NeuroImage*, 52(3), 1059-1069. (2010).
- [8] C. Vargas, C. Lopez-Jaramillo and E. Vieta, "A systematic literature review of resting state network functional MRI in bipolar disorder," *Journal of affective disorders*, vol. 150, pp. 727-735, (2013).
- [9] M.-J. Liang, Q. Zhou, K.-R. Yang and X.-L. Yang, "Identify changes of brain regional homogeneity in bipolar disorder and unipolar depression using resting-state fMRI," *PloS one*, vol. 8, p. e79999, (2013).
- [10] Rashid, B et al. "Classification of schizophrenia and bipolar patients using static and dynamic resting-state fMRI brain connectivity". *NeuroImage*, 134, 645-657. (2016).
- [11] Dickie, D. A., Shenkin, S. D., Anlagan, D., Lee, J., Blesa Cabez, M., Rodriguez, D., Boardman, J. P., Waldman, A., Job, D. E., & Wardlaw, J. M. Whole Brain Magnetic Resonance Image Atlases: "A Systematic Review of Existing Atlases and Caveats for Use in Population Imaging". *Frontiers in Neuroinformatics*, 11. (2017).
- [12] Van Essen, D. "Cartography and Connectomes". *Neuron*, 80(3), 775-790. (2013).



IPRIA 2023

ششمین کنفرانس بین‌المللی
بازشناسی الگو و تحلیل تصویر

۲۵ تا ۲۷ بهمن ۱۴۰۱ - دانشکده مهندسی دانشکدهگان فارابی دانشگاه تهران

