

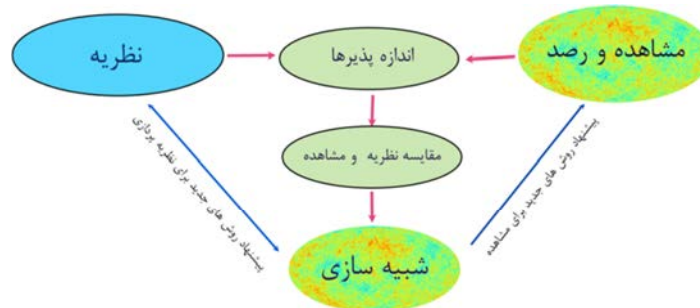
باسمه تعالی

چند عنوان پیشنهادی برای موضوع تحقیقاتی دوره دکتری (فیزیک سامانه‌های پیچیده - کیهان‌شناسی)

هدف: معرفی چارچوب‌های تحقیقاتی در دوره دکتری در گروه علمی اینجانب

با توجه به علاقه اینجانب در خصوص بررسی تلفیقی و تعمیمی رهیافتهای میدانهای تصادفی و کیهان‌شناسی به همین منظور به طور کلی در حوزه‌های زیر متمرکز خواهیم بود:

نظریه‌پردازی، یافتن مشاهده‌پذیرها و مقایسه با موارد به دست آمده از مشاهده و اندازه‌گیری‌ها به همراه انجام محاسبات و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای. برای تبیین شفاف‌تر بخش‌هایی که در تحقیقات گروه علمی من وجود دارد به شکل زیر توجه کنید:



شکل ۱: چارچوب روش‌شناسی علمی در علم فیزیک

بخش‌هایی همچون "نظریه"، "اندازه‌پذیرها"، "مقایسه نظریه و مشاهده" و نهایتاً "شبیه‌سازی" در برنامه تحقیقاتی که من در نظر دارم وجود لذا علاقه و پشتکار به تمام بخش‌های ذکر شده شرط لازم برای انجام پژوهشی نوین و برتر خواهد بود. بنابراین به طور خلاصه می‌توان گفت که علاقه به رهیافتهای نظری همزمان با علاقه به انجام محاسباتی رایانه‌ای و شبیه‌سازی‌های مرتبط از جمله شرایط لازم برای ورود به موارد زیر خواهد بود:

(۱) مطالعه خوشگی در میدانهای تصادفی

Clustering in stochastic fields

میدانهای تصادفی در طبیعت به وفور مشاهده می‌شوند. برخلاف رفتارهای تعینی که با داشتن شرایط اولیه به طور قطع و یقین سیستم مورد نظر با هر دقت دلخواهی قابل پیش‌بینی است، در میدانهای تصادفی، شرایط اولیه و یا تحول دارای بخشهایی است که به صورت تصادفی ظاهر می‌شوند که در نتیجه آن یک میدان تصادفی که بر پایه رهیافتهای احتمالاتی قابل مطالعه است، به دست می‌آید. استخراج برخی از کمیت‌های مشاهده‌پذیر جدید برای کمی کردن میدان مورد مطالعه و بهره‌گیری از آنها برای اینکه بتوان بین میدانهای مختلف تمایز قابل شد از دیگر اهداف این تحقیق به حساب می‌آیند. این تحقیق خود به زیر بخش‌هایی متعددی تقسیم می‌شود که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Up-Crossing for non-Gaussian

- Up-Crossing for anisotropic non-Gaussian
- Conditional up-crossing
- Clustering of up-crossing
- Clustering of conditional Up-crossing
- Cross-Correlation clustering based analysis: Non-Gaussian and Anisotropic

نکته جالب توجه این رویکرد این است که هر موضوع انتخاب شده دارای سه وجه زیر خواهد بود:

الف: مدل سازی نظری

ب: شبیه سازی و تحلیل های عددی

ج: اعمال مدل ارایه شده بر روی میدانهای تصادفی واقعی که در طبیعت یافت می شود و حتی مواردی که در آزمایشگاه میان رشته ای فیزیک موفق به انجام آن خواهیم شد نیز می تواند بخشی از این تحقیق به حساب آید. برای مثال میدان دو بُعدی تلاطم، سطوح زبر، میدان تصادفی افت و خیز شدت پراکنده شده منبع نوری ناشی از سیستم های بین راهی در یک، دو و سه بُعد، آشکارسازی ویژگی های عجیب مخفی شده در سایر میدانهای تصادفی، مشخصه یابی میدانهای فیزیولوژی از جمله حوزه هایی برای کاربرد روش های ابداع شده مذکور به حساب می آید. بنابراین با تحقیق پیرامون این موضوع به طور همزمان با سه بخش مذکور آشنایی لازم حاصل خواهد شد. ارتقای نگاه محاسباتی- نظری از دیگر مزیت های این موضوعات به حساب می آید. برخی از مهمترین منابع مربوط به قرار زیر است:

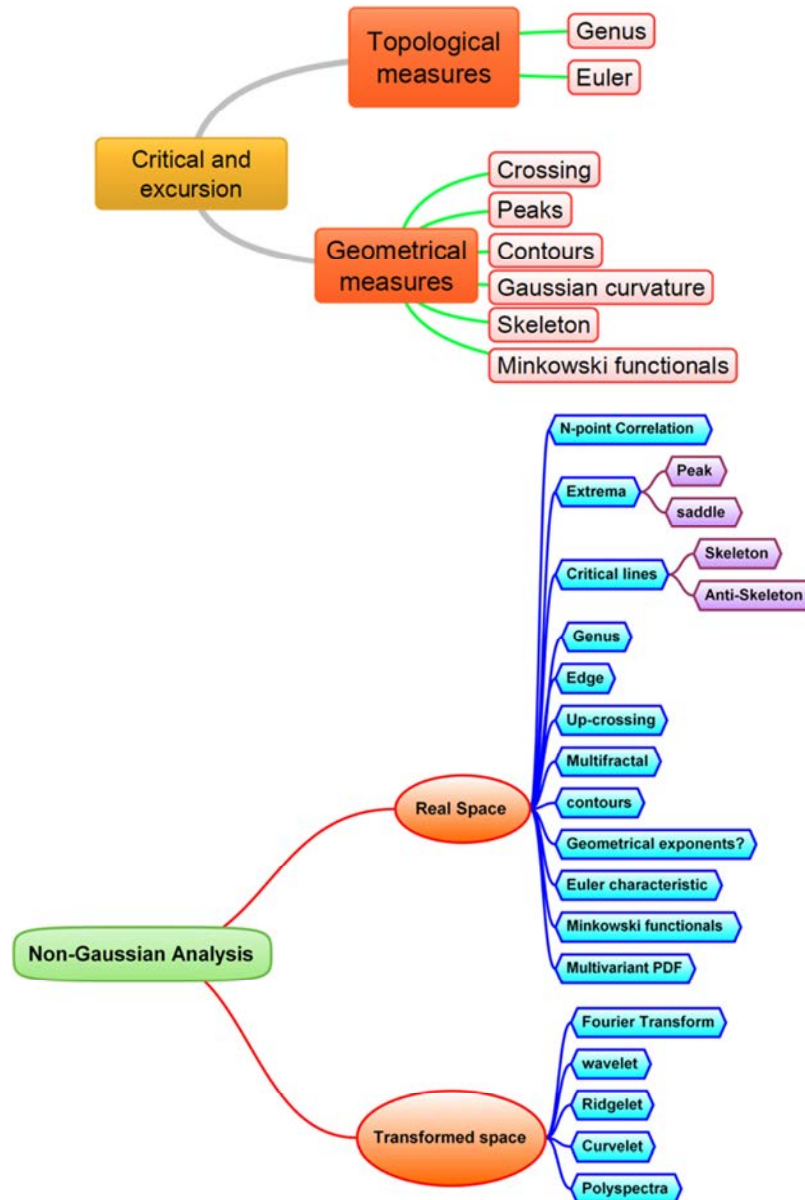
مراجع:

- [1] Christophe Gay, Christophe Pichon and Dmitry Pogosyan, "Non-Gaussian statistics of critical sets in 2D and 3D: Peaks, voids, saddles, genus, and skeleton", PHYSICAL REVIEW D 85, 023011 (2012).
- [2] D. Pogosyan, C. Pichon, C. Gay, S. Prunet, J. F. Cardoso, T. Sousbie and S. Colombi, "The local theory of the cosmic skeleton", Mon. Not. R. Astron. Soc. 396, 635–667 (2009).
- [3] Robert J. Adler, "The geometry of Random fields", John Wiley and Sons, 1981.
- [4] Robert J. Adler • Jonathan E. Taylor, "Topological Complexity of Smooth Random Functions", Springer, 2009.
- [5] Bala et al., PRL, 118, 114501, 2017.
- [6] Movahed's talk about topology and geometry of stochastic fields: <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/76-my-talk-about-topology-of-stochastic-fields>
- [7] Movahed's note about Statistical Bias factor, <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/93-my-note-about-bias-factor>
- [8] I. Eghdami, H. Panahi, S. M. S. Movahed, "Multifractal Analysis of Pulsar Timing Residuals: Assessment of Gravitational Waves Detection", arXiv:1704.08599.
- [9] M. Arshadi Pirlar, S.M.S. Movahed, D. Razzaghi, R. Karimzadeh, "Crossing statistics of scattered Laser Light through Nanofluid", arXiv:1705.03542.
- [10] M. Ghasemi Nezhadhighi, S. M. S. Movahed, T. Yasserli, S. M. Vaez Allaei, "Crossing Statistics of Anisotropic Stochastic Surface", arXiv:1508.01409

۲) مطالعه خواص توپولوژیک و هندسی میدانهای تصادفی کیهانی در بستر نظریه میدان مؤثر

Topological and geometrical properties of cosmological stochastic fields in effective theory

برای آشنایی به بحث خواص توپولوژیک و هندسی در شکلهای زیر یک دسته‌بندی کلی از این معیارها را نشان می‌دهد:



این تحقیق از نقطه نظر ساختار نظری یک برنامه واحد را تشکیل می‌دهد اما از منظر کاربرد می‌تواند به مواردی که در ادامه می‌آید تقسیم‌بندی شود.

- [1] F. Bernardeau, S. Colombi, E. Gaztanaga, R. Scoccimarro, "Large-scale structure of the Universe and cosmological perturbation theory", Physics Reports 367 (2002) 1–248.
- [2] Asantha Cooray, Ravi K. Sheth, "Halo models of large scale structure", arXiv:astro-ph/0206508. Physics Reports,
- [3] Karim A. Malik David Wands, "Cosmological perturbations", Physics Reports 475 (2009) 1-51.
- [4] S. Borgani, "Scaling in the Universe", Physics Reports 251(1995) 1-152.
- [5] Eric Gawiser, Joseph Silk, "The cosmic microwave background radiation", Physics Reports 333-334 (2000) 245-267.
- [6] A. Kashlinsky, "Cosmic infrared background and early galaxy evolution", Physics Reports 409 (2005) 361–438
- [7] Takahiko Matsubara, "STATISTICS OF SMOOTHED COSMIC FIELDS IN PERTURBATION THEORY. I. FORMULATION AND USEFUL FORMULAE IN SECOND-ORDER PERTURBATION THEORY", The Astrophysical Journal, 584:1–33, 2003.
- [8] Takahiko Matsubara, "Analytical expression of the Genus in a weakly non-Gaussian field induced by Gravity", The Astrophysical Journal, 434:43–46, 1994.
- [9] J.M. Bardeen, J.R. Bond, N. Kaiser & A.S. Szalay, The Astrophysical Journal, 304:15–61, 1986.
- [10] Movahed's lecture note: "The Physics of CMB", <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/74-talk-about-cmb-physics>
- [11] Evolution of the cosmic web, arXiv:1401.7866v2
- [12] Christophe Gay, Christophe Pichon and Dmitry Pogosyan, "Non-Gaussian statistics of critical sets in 2D and 3D: Peaks, voids, saddles, genus, and skeleton", PHYSICAL REVIEW D 85, 023011 (2012).
- [13] D. Pogosyan, C. Pichon C. Gay S. Prunet, J. F. Cardoso, T. Sousbie and S. Colombi, "The local theory of the cosmic skeleton", Mon. Not. R. Astron. Soc. 396, 635–667 (2009).
- [14] Takahiko Matsubara, "Analytic Minkowski Functionals of the Cosmic Microwave Background: Second-order Non-Gaussianity with Bispectrum and Trispectrum", arXiv:1001.2321.
- [15] J. Schmalzing & K. M. Gorski, astro-ph/9710185.
- Movahed's lecture note: <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/92-our-cosmos-from-recent-observations>
- [16] Movahed's talk about topology and geometry of stochastic fields: <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/76-my-talk-about-topology-of-stochastic-fields>
- [17] Movahed's note about Statistical Bias factor, <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/93-my-note-about-bias-factor>

۱-۲) تعریف عمومی عامل کبیش در نظریه میدان مؤثر

General Definition of Bias factor in effective theory

کلمه بایاس یا "کبیش" به صورت تحت‌اللفظی به معنای تمایل است. برای مطالعه میدان‌های تصادفی این کمیت سابقه طولانی دارد. از میان شاخصهای توپولوژیک و هندسی کمیت بایاس نقش مهمی بازی می‌کند. در این پروژه که ذیل تشکیل ساختارهای بزرگ مقیاس کیهانی قرار می‌گیرد، قصد بر این است که به این سوال پاسخ داده شود که چه ارتباطی بین همبستگی‌های ویژگی‌ها در مقیاس‌های زمانی و مکانی کوچک و همان ویژگی‌ها در مقیاس‌های میانی و بزرگ وجود دارد؟ در ادامه قصد داریم تعمیمی برای این کمیت ارائه دهیم. یکی از انگیزه‌های مطالعه بر اساس صبغه تاریخی، مشاهده شد که تابع همبستگی کهکشان‌ها کوچکتر از تابع همبستگی برای خوشه‌های کهکشانی است. پاسخ به این سوال مستقیماً ردپای کمیت بایاس را باز کرد. البته در شاخه‌های دیگری از فیزیک نیز به لحاظ آماری این کمیت اهمیت دارد زیرا که برای کمی کردن خواص آماری کمیتی مفید به حساب می‌آید. با توجه به اهمیت نظریه میدان مؤثر در فیزیک که نقش ویژه‌ای در مطالعه سیستم‌هایی که تحت رهیافت اختلالی به خوبی رفتار نمی‌کنند لذا می‌توان این نگاه را در صورت امکان وارد محاسبه این کمیت نمود. موارد مترتب به تعیین BAO و همچنین

جهت مند بودن خوشه‌ها در فیلمان‌های کیهانی و یافتن ویژگی‌های عجیب در سایر میدانهای تصادفی کیهانی از انگیزه‌های بسیار مهم این پروژه به حساب می‌آید.

مراجع:

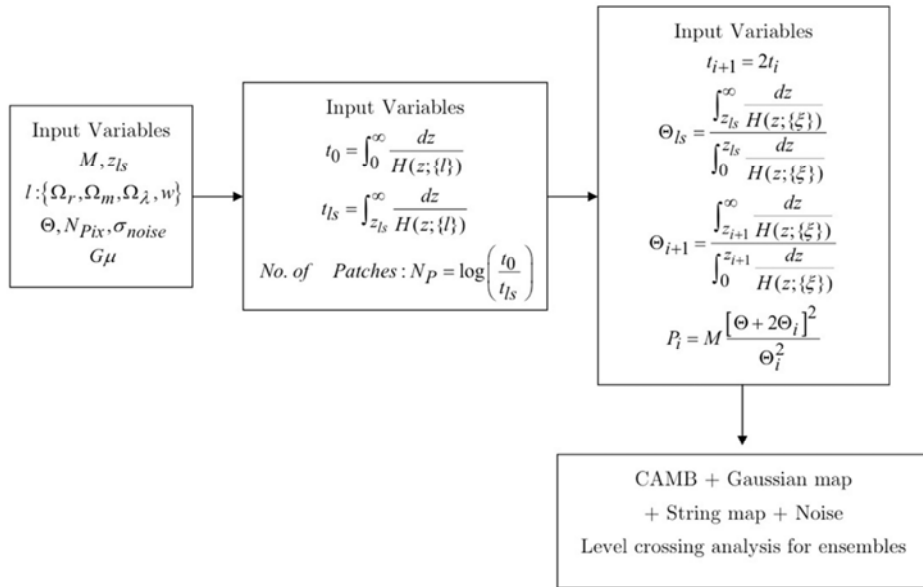
- [1] Vincent Desjacques, PHYSICAL REVIEW D 87, 043505 (2013)
- [2] Nick Kaiser, the Astrophysical Journal, 284:L9-L12, (1984)
- [3] Andrea Gabrielli, Francesco Sylos Labini, and Ruth Durrer, The Astrophysical Journal, 531:L1-L4, (2000)
- [4] Alexander S. Szalay, the Astrophysical Journal, 333:L21-L23, (1988)
- [5] Takahiko Matsubara, "Statistics of smoothed cosmic fields in perturbation theory",
- [6] J.M. Bardeen, J.R. Bond, N. Kaiser & A.S. Szalay, The Astrophysical Journal, 304:15-61, 1986.
- [7] J.P.M.Carrasco, M.P. Hertzberg L. Senatore, arxiv:astro-ph/1206.2926v2-16 Oct 2012
- [8] Emanuele Castorina and Ravi K. Sheth, "Stochastic bias in multi-dimensional excursion set approaches", arXiv:1301.5128.
- [9] Cheng Li, Y. P. Jing, A. Faltenbacher, and Jie Wang, "THE DETECTION OF THE LARGE-SCALE ALIGNMENT OF MASSIVE GALAXIES AT $z \sim 0.6$ ", The Astrophysical Journal Letters, 770:L12 (5pp), 2013.
- [10] Neal Dalal, Olivier Dore, Dragan Huterer and Alexander Shirokov, "Imprints of primordial non-Gaussianities on large-scale structure: Scale dependent bias and abundance of virialized objects", PHYSICAL REVIEW D 77, 123514 (2008).
- [11] Movahed's note about Statistical Bias factor, <http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed/index.php/talks-a-presentations/93-my-note-about-bias-factor>

۲-۲) مطالعه شبکه ریسمانهای کیهانی

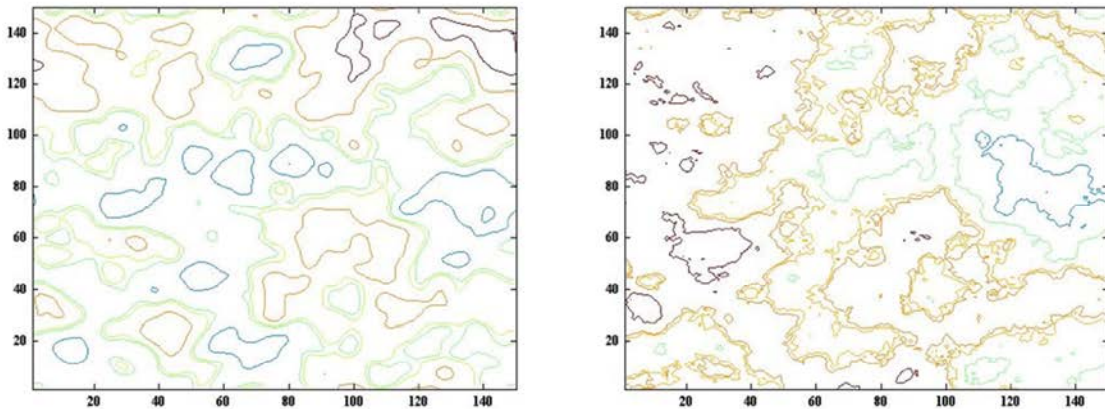
Cosmic strings network

شرایط اولیه افت‌وخیزهای کیهانی از موضوعات داغ کیهانشناسی به حساب می‌آید. هرچند رصدهای اخیر به طور غالب افت‌وخیزهای میدانهای کوانتومی در دوران تورم را مسول اصلی ساختارهای کیهانی را تایید می‌کنند اما گذارهای کیهان اولیه نیز که منجر به نواقص توپولوژیک صفر-بعدی، یک-بعدی، دوعدی و سه بعدی می‌شوند نیز میتوانند بخشی از سهم افت‌وخیزها را به عهده گیرند. نواقص یک-بعدی که به ریسمانهای کیهانی معروف هستند از جمله انگیزه‌های مطالعه به حساب می‌آیند لذا که یکی از جنبه‌های رصدی نظریه ریسمان را به خود اختصاص می‌دهد. اثر این ریسمانهای کیهانی بر روی میدانهای تصادفی کیهانی موضوع اصلی این بخش به حساب می‌آید.

شکل زیر برای نمونه بخشهایی را که برای شبیه‌سازی ردپای شبکه ریسمانهای کیهانی در فضای حقیقی باید انجام شود، نشان می‌دهد.



شکل زیر به خوبی نشان می‌دهد که وجود نواقص توپولوژیک باعث تغییر در خواص آبرهندسی کانتورها بر روی نقشه تابش زمینه کیهانی می‌شود. سمت چپ نقشه CMB بدون نواقص توپولوژیک و سمت راست با حضور نواقص توپولوژیک از جنس ریسمان کیهانی را نشان می‌دهد.



مراجع

- [1] M. Sadegh Movahed, B. Javanmardi, Ravi K. Sheth, “Peak-peak correlations in the cosmic background radiation from cosmic strings”, MNRAS, 2012, arXiv:1212.0964.
 [2] M. Sadegh Movahed, Shahram Khosravi, “Level Crossing Analysis of Cosmic Microwave Background Radiation: A method for detecting cosmic strings”, JCAP 1103:012,2011 , arXiv:1011.2640.

۳-۲ جستجوی ردپای مدل‌های جایگزین انرژی تاریک با کمک معیارهای توپولوژیک و هندسی

Looking for footprint of DE alternative model using topological and geometrical measures

در این تحقیق همانطور که از عنوان برمی آید قرار است که بر روی یک مدل جایگزین انرژی تاریک به طور مشخص در چارچوب نظریه‌های Modified-Gravity متمرکز شده و با توجه به میدانهای تصادفی همچون CMB، Lensing و غیره شاخصهایی را ابداع کنیم که بتواند تمایزی بین آنها قایل شود

مراجع

- [1] Wenjuan Fang, Baojiu Li, Gong-Bo Zhao, "New probe of departures from general relativity using Minkowski functionals", Phys. Rev. Lett. 118, 181301 (2017)
- [2] J.r.me Martin, "Everything you always wanted to know about the cosmological constant problem (but were afraid to ask)", C. R. Physique 13 (2012) 566–665
- [2] Chiaki Hikage¹, Eiichiro Komatsu², and Takahiko Matsubara, "PRIMORDIAL NON-GAUSSIANITY AND ANALYTICAL FORMULA FOR MINKOWSKI FUNCTIONALS OF THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND AND LARGE-SCALE STRUCTURE", arXiv:astro-ph/0607284.
- [3]Chenxiaoji Ling, Qiao Wang, Ran Li, Baojiu Li, Jie Wang, and Liang Gao, "Distinguishing general relativity and $f(R)$ gravity with the gravitational lensing Minkowski functional", arXiv:1410.2734

۴-۲) نمایش شبکه از ساختارهای بزرگ مقیاس کیهانی

Network representation of Large Scale Structures

همیشه تعیین شکل ساختارهای بزرگ کیهانی و تحول آن از سوالات مهم کیهانشناسی بوده است. با توجه به ابزارهایی که بر اساس خواص سراسری (توپولوژیک) و خواص موضعی (هندسی)، در طول دهه‌های گذشته به سوالاتی همچون آیا ساختارها در کیهان از نواحی فراچگال که در بستر نواحی فروچگال قرار گرفته‌اند تشکیل شده‌است (مدل کوفته قل‌قلی)؟ یا اینکه از نواحی فروچگال در بستر نواحی فراچگال تشکیل شده‌اند (مدل پنیر سوییسی)؟ یا اینکه بین آنها تفاوتی وجود ندارد؟ شبکه‌های کیهانی از نواحی فراچگال که در اثر ناپایداری‌های گرانشی در حال تحول هستند تشکیل شده‌اند. با در نظر گرفتن شبکه کیهانی تشکیل شده از کهکشانها به عنوان نقاط شبکه، به نظر می‌رسد که می‌توان از ابزارهای موجود در نظریه گرافها و شبکه‌ها برای مشخصه‌یابی شبکه ساختارهای کیهانی استفاده نمود. به خصوص که تحول این شبکه در طول زمان و ورود به رژیم غیرخطی و سایر ویژگی‌های فیزیکی آنها و وابستگی آنها به مدل‌های مختلف تحول کیهان بسیار با اهمیت است. انتظار بر این است که بتوان کمیت‌هایی معرفی کرد که ضمن تعیین ویژگی‌های شبکه‌ای شبکه کیهانی، وابستگی به مدل‌های کیهانشناختی را نیز آشکار و کمی کرد.

مراجع

- [1] B.C. Coutinho et. Al, arXiv:1604.03236.
- [2] V. J. Martinez and E. Saar, "Statistics of the Galaxy distribution".
- [3] H. Mo, F. van den Bosch and S. White, "Galaxy Formation and Evolution".

سیدمحمدصادق موحد

<http://facultymembers.sbu.ac.ir/movahed>

<http://complexlab.sbu.ac.ir/en/home/>