

## **Звіт стосовно завершення навчання в докторантурі ГАО НАН України к. ф.-м. н. Елиїва Андрія Андрійовича**

Метою дисертаційної роботи *“Космічні порожнини: структура і процеси в них та навколо на різних червоних зміщеннях”* є всебічне вивчення космічних войдів, що займають більше половини об'єму Місцевого Всесвіту з низькою густиною матерії. Їхнє систематичне дослідження стало можливим з появою сучасних багатохвильових позагалактичних оглядів неба (SDSS, PSCz, zCOSMOS, XXL) і засвідчило, що войди є унікальними лабораторіями для астрофізики та космології.

Першочерговою ціллю роботи було створення шукача войдів, стійкого до статистичних шумів через низьку концентрацію галактик у войдах. Запропоновано два шукачі войдів на основі динамічних властивостей просторового розподілу галактик. Об'єктивні шукачі войдів потрібні для тестування космологічних моделей та оцінки космологічних параметрів (Алькок-Пачинський тест). Усередни́на форма войдів чутлива до величини зародкового поля густини, з якого вони розвинулися, рівняння стану темної енергії та вмісту темної матерії. Також метою дисертаційної роботи було виділення войдів, гіпервойдів та некластеризованих агломератів галактик у Місцевому Всесвіті на масштабах до 40 Мегапарсек.

Особливу увагу було приділено малочисельному населенню галактик у войдах, оскільки властивості ізольованих галактик особливо важливі з точки зору вивчення еволюції галактик. Також метою роботи була розроблення алгоритмів відновлення модулів відстані до галактик методами машинного навчання для врахування колективних рухів галактик та індивідуальних пекулярних швидкостей, що сильно спотворюють форми войдів при визначенні відстані до них за червоним зміщенням.

У роботі приділено багато уваги рентгенівським властивостям та розподілу активних ядер галактик відносно войдів. Метою було дослідити поширення електромагнітних лавин у войдах від гамма-фотонів, випромінених особливим типом активних ядер галактик – блазарами. Присутність ненульового магнітного поля у войдах та міжгалактичного фонового випромінювання є досі відкритим питанням. Метою робіт, присвячених цьому питанню, були розробки чисельних методів для оцінки магнітного поля у войдах та дослідження стійкості електрон-позитронних пар у войдах.

Дисертація складається зі вступу та семи розділів, які охоплюють три основних напрями дослідження:

1. Властивості войдів, методи їх виокремлення.
2. Активні ядра галактик та особливості великомасштабного розподілу,
3. Високоенергетичні процеси у войдах.

За час докторантури опубліковано **10 статей**, частина з яких у міжнародній співпраці, перелічених нижче; **одну статтю** подано до друку. Із них у дисертаційну роботу входять 7.

1. Giannini, E., Schmidt, R.W., Wambsganss, J., Alsubai, K., Andersen, J.M., Anguita, T., Bozza, V., Bramich, D.M., Browne, P., Calchi Novati, S., Damerджи, Y., Diehl, C., Dodds, P., Elyiv, A. et al. 2017, *Astron.&Astrophys.*, 597, A49.
2. Dobrycheva, D.V., Vavilova, I.B., Melnyk, O.V., and Elyiv, A.A.: 2017, arXiv:1712.08955.
3. Melnyk, O., Elyiv, A., Smolcic, V., Plionis, M., Koulouridis, E., Fotopoulou, S., Chiappetti, L., Adami, C., Baran, N., Butler, A., Delhaize, J., Delvecchio, I., Finet, F., et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A6.

- 4.** Guglielmo, V., Poggianti, B.M., Vulcani, B., Adami, C., Gastaldello, F., Ettori, S., Fotoupoulou, S., Koulouridis, E., Ramos Ceja, M.E., Giles, P., McGee, S., Altieri, B., Baldry, I., Elyiv, A., et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A7.
- 5.** Farahi, A., Guglielmo, V., Evrard, A.E., Poggianti, B.M., Adami, C., Ettori, S., Gastaldello, F., Giles, P.A., Maughan, B.J., Rapetti, D., Sereno, M., Altieri, B., Baldry, I., Elyiv, A., et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A8.
- 6.** Chiappetti, L., Fotopoulou, S., Lidman, C., Faccioli, L., Pacaud, F., Elyiv, A., Paltani, S., Pierre, M., Plionis, M., Adami, C., Alis, S., Altieri, B., Baldry, I., et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A12.
- 7.** Guglielmo, V., Poggianti, B.M., Vulcani, B., Moretti, A., Fritz, J., Gastaldello, F., Adami, C., Caretta, C.A., Willis, J., Koulouridis, E., Ramos Ceja, M.E., Giles, P., Baldry, I., Elyiv, A. et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A15.
- 8.** Koulouridis, E., Ricci, M., Giles, P., Adami, C., Ramos-Ceja, M., Pierre, M., Plionis, M., Lidman, C., Georgantopoulos, I., Chiappetti, L., Elyiv, A., Ettori, S., Faccioli, L., et al. 2018, *Astron.&Astrophys.*, 620, A20.
- 9.** Dobrycheva, D.V., Vavilova, I.B., Melnyk, O.V., and Elyiv, A.A.: 2018, *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 34, 290.
- 10.** Vavilova, I.B., Elyiv, A.A., Vasylenko, M.Y.: 2018, *Radio Physics and Radio Astronomy*, 23, 244.
- 11.** Подано до друку статтю в журнал "Astronomy and Astrophysics": A.A. Elyiv, O.V. Melnyk, I.B. Vavilova, D.V. Dobrycheva, V.E. Karachentseva, Machine learning computation of distance modulus for local galaxies.

Підготовлено (у співавторстві) два розділи до англomовної монографії «Knowledge Discovery in Big Data from Astronomy and Earth Observation» (Elsevier, 2020):  
 Chapter 5. Surveys, Catalogues, Databases and Archives of Astronomical data (Vavilova I.B., Pakuliak L.K., Babyk Yu.V., Dobrycheva D.V., Elyiv A.A., Melnyk O.V.)  
 Chapter 18. Multiwavelength Astronomy: Examples of Data-Mining (Vavilova I.B., Dobrycheva D.V., Elyiv A.A., Melnyk O.V., Vasylenko M.Yu.)

Роботи представлено на таких конференціях:

- 1.** European Week of Astronomy and Space Science. Symposium S14, Astrominformatics: From big data to understanding the Universe at large. 26 – 30 June 2017, Prague, Czech Republic. Dobrycheva D.V., Vavilova I.B., Melnyk O.V., Elyiv A.A. "Machine learning technique for morphological classification of galaxies from SDSS".
- 2.** 13th Gamow Conference-School. Astronomy and beyond: Astrophysics, Cosmology, Cosmomicrophysics, Astroparticle Physics, Radioastronomy and Astrobiology. 16-23 August 2015, Odesa, Ukraine. D. Dobrycheva, I. Vavilova, O. Melnyk, A. Elyiv "Signs of merging in the formation of early-type galaxies"
- 3.** EWASS 2019, France, Lyon. Machine learning methods for binary morphological classification of the SDSS galaxies (No 847)
- 4.** 6th Gamow International Conference "New Trends in Astrophysics, Cosmology and Radioastronomy after Gamow", 11–18 August, 2019 Odesa, Ukraine. Vasylenko M.Yu., Dobrycheva D.V., Vavilova I.B., Melnyk O.V., Elyiv A.A. "The automated binary morphological classification of galaxies from SDSS."
- 5.** Institute of Mathematics Conferences, Sixth International Conference on Analytic Number Theory and Spatial Tessellations, 2018, Kyiv, Ukraine. Vavilova, I. B.; Elyiv, A. A.; Dobrycheva, D.V.; Melnyk, O. V. September, "Voronoi tessellation in a spatial galaxy distribution".

У рукописному варіанті дисертації підготовлено вступ та 4 розділи дисертації; після виходу друком статті, що подана в журнал *Astron.&Astrophys* і є частиною дисертаційного дослідження, дисертацію планується подати до захисту у 2020 році.

Звіт щодо навчання в докторантурі заслухано на семінарі відділу позагалактичної астрономії та астроінформатики ГАО НАН України та визнано проходження докторантури успішним (протокол № 5 семінару від 09.09.2019 р.).

**Елиїв А.А.**

\_\_\_\_\_

*9 вересня 2019 р.*