

УДК 524.77

Про визначення орієнтації скупчення галактик

І. Б. Вавилова

Астрономічна обсерваторія Київського університету імені Тараса Шевченка
252053, Київ-53, вул. Обсерваторна 3

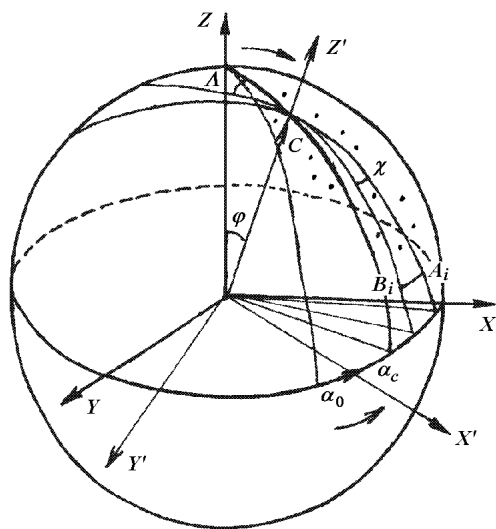
Запропоновано методика визначення орієнтації скупчення галактик в термінах сферичної геометрії. Орієнтація визначається за дугою, яка проходить через центр скупчення таким чином, що сума кутових відстаней від кожної з галактик скупчення до цієї дуги є мінімальною.

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ОРИЕНТАЦИИ СКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК, Вавилова И. Б. — Предлагается методика определения ориентации скопления галактик в терминах сферической геометрии. Ориентация определяется по дуге, которая проходит через центр скопления таким образом, что сумма угловых расстояний от каждой из галактик скопления до этой дуги является минимальной.

ON THE DETERMINATION OF THE ORIENTATION OF A GALAXY CLUSTER, by Vavilova I. B. — A technique is proposed to determining the orientation of a galaxy cluster in terms of the spherical geometry. The orientation is determined as a fitted arc which goes through the centre of the cluster in such a manner that the sum of the angular distances from each galaxy to this arc is minimal.

Існує декілька найуживаніших методик визначення орієнтації скупчення галактик. У більшості з них розглядається проекція скупчення галактик на декартову площину. Наприклад, орієнтація визначається як 1) кут повороту до системи координат «фіктивного еліпса інерції» [3, 4, 9] чи тензора інерції [7], яким наближується розподіл галактик у скупченні; 2) орієнтація лінії, що задає велику вісь скупчення, причому положення цієї лінії визначається при умові, що сума перпендикулярних відстаней від неї до галактик скупчення є мінімальною [2, 10]; 3) емпіричний параметр, який визначається апроксимацією ізоденс скупчення галактик, виділеного хвильковим аналізом [6]; 4) позиційний кут у напрямку найбільшої витягнутості скупчення галактик, яка виявляється з азимутального розподілу галактик відносно центра скупчення за допомогою фур'є-аналізу [8]. Методику визначення переважної орієнтації галактик у надскупченнях галактик з урахуванням положень векторів кутових моментів галактик відносно площини надскупчення досить добре вдосконалено у роботі [5].

Вибір методики певною мірою є справою смаку. Нижче нами пропонується спосіб визначення орієнтації скупчення галактик у термінах сфе-



Координатні системи, що використовуються для отримання основної формули

ричної геометрії, що вже був використаний для розрахунку орієнтації скупчень галактик Virgo і Fornax та галактичних груп, виділених кластерним аналізом, для вивчення властивостей розподілу галактик у Місцевому Надскупченні [1]. Цей підхід можна вважати розвитком методики [2], він є більш універсальним і дозволяє зменшити статистичну вагу впливу периферійних галактик у розрахунках в декартовій площині, особливо для протяжних скупчень.

Значення орієнтації скупчення галактик, як це історично склалося, задається позиційним кутом, який вимірюється від напрямку на північ проти годинникової стрілки до напрямку орієнтації скупчення галактик. Визначимо орієнтацію скупчення галактик дугою великого кола, яка проходить крізь центр скупчення, спроектованого на поверхню сфери. Ця дуга визначається з умови, що сума кутових відстаней від кожної з галактик скупчення до неї є мінімальною. Розрахуємо значення орієнтації скупчення галактик наступним чином (рисунок).

Спостерігач знаходиться на початку екваторіальної (α, δ) системи координат (СК). Сумарний радіус-вектор галактик α_i, δ_i , що належать до скупчення, є

$$\mathbf{r} = \{X, Y, Z\} = \left(\sum \cos\delta_i \cos\alpha_i, \sum \cos\delta_i \sin\alpha_i, \sum \sin\delta_i \right) / N, \quad (1)$$

де N — кількість галактик у скупченні; сумування проводиться для всіх $i = 1, 2, \dots, N$. Координати геометричного центра скупчення галактик визначаються з формул

$$\alpha_c = \arctg \left(\frac{\sum \cos\delta_i \sin\alpha_i}{\sum \cos\delta_i \cos\alpha_i} \right), \quad (2)$$

$$\delta_c = \arctg \left[\frac{\sum \sin\delta_i}{\sqrt{(\sum \cos\delta_i \cos\alpha_i)^2 + (\sum \cos\delta_i \sin\alpha_i)^2}} \right].$$

Якщо $X > 0, Y < 0$, то $\alpha_c \rightarrow \alpha_c + 2\pi$, якщо $X < 0$, то $\alpha_c \rightarrow \alpha_c + \pi$. Очевидно, що геометричний центр скупчення галактик не завжди збігається з динамічним центром чи з положенням найяскравішої галактики скупчення. Але для запропонованої методики не є критичним визначення саме геометричного центра скупчення, оскільки подальший виклад виконується у локальній СК.

Побудуємо для скупчення галактик локальну СК α' , δ' з полюсом, який розташований у центрі скупчення з координатами α_c , δ_c . Для цього змістимо СК вздовж напрямку прямого сходження на величину α_c . Це перетворення адитивне, і координата галактики за прямим сходженням у новій СК дорівнює: $\alpha'_i = \alpha_i - \alpha_c$. Вздовж напрямку схилення полюс старої СК суміщається з полюсом нової локальної СК при повороті на кут: $f = \pi/2 - \delta_c$. Координати центра скупчення галактик в локальній СК є $(\alpha'_c, \delta'_c) = (0, \pi/2)$. Обчислимо координати галактик α'_i , δ'_i у локальній СК за наступною формулою:

$$\alpha'_i = \operatorname{arctg} \left[\frac{\cos \delta_i \sin(\alpha_i - \alpha_c)}{\cos \delta_i \cos(\alpha_i - \alpha_c) \sin \delta_c - \sin \delta_i \cos \delta_c} \right], \quad (3)$$

$$\delta'_c = \operatorname{arctg} \left[\frac{\cos \delta_i \cos(\alpha_i - \alpha_c) \cos \delta_c + \sin \delta_i \sin \delta_c}{\sqrt{(\cos \delta_i \sin(\alpha_i - \alpha_c))^2 + (\cos \delta_i \cos(\alpha_i - \alpha_c) \sin \delta_c - \sin \delta_i \cos \delta_c)^2}} \right].$$

Якщо $X' > 0$ і $Y' < 0$, то $\alpha'_c \rightarrow \alpha'_c + 2\pi$; якщо $X < 0$, то $\alpha'_c \rightarrow \alpha'_c + \pi$.

Обчислимо позиційний кут Λ з умови мінімуму суми кутів відстаней від кожної з галактик до шуканої дуги великого кола, що задає орієнтацію скупчення. Для цього побудуємо для кожної i -ї галактики сферичний трикутник $A_i B_i C$ (рисунок), тобто трикутник, утворений дугою $B_i C$ великого кола, що проходить через центр скупчення і довільну i -ту галактику, дугою $A_i C$ великого кола, що визначить орієнтацію скупчення, та кутовою відстанню $A_i B_i$ галактики до шуканої дуги. Оскільки використовується умова $\sum A_i B_i = \min$, визначимо довільну функцію $\Omega(\Lambda)$ як функцію кута χ_i між дугами $B_i C$ і $A_i C$

$$\Omega(\Lambda) = \sum \sin^2 \chi_i = \sum \sin^2(\pi/2 - \delta'_i) \sin^2(\Lambda - \alpha'_i). \quad (4)$$

Мінімізуємо її за параметром Λ і знайдемо критичне значення позиційного кута Λ_{cr}

$$\Lambda_{cr} = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left(\frac{\sum \cos^2 \delta'_i \sin 2\alpha'_i}{\sum \cos^2 \delta'_i \cos 2\alpha'_i} \right). \quad (5)$$

Остаточно, враховуючи означення позиційного кута у напрямку проти годинникової стрілки і те, що даний виклад виконано для правої трійки векторів, маємо вираз для позиційного кута, а отже і орієнтації скупчення галактик: $\Lambda = \pi - \Lambda_{cr}$, якщо чисельник у виразі (5) додатний, і $\Lambda = -\Lambda_{cr}$, якщо чисельник від'ємний.

Значення еліптичності скупчення галактик можна отримати, використовуючи формули (4) і (5), як відношення мінімального і максимального значення функції Λ від одержаного в (5) значення позиційного кута:

$$E = \frac{\Omega(\Lambda)}{\Omega(\Lambda \pm \pi/2)}. \quad (6)$$

Автор засвідчує свою пошану ініціатору цієї роботи доктору фізико-математичних наук А. В. Манджосу, який так передчасно пішов з життя.

1. Караченцева В. Е., Вавилова И. Б. Скучивание карликовых галактик низкой поверхностной яркости. II. Скопление Virgo // Кинематика и физика небес. тел.—1995.—11, № 5.—С. 46—59.
2. Binggeli B. The shape and orientation of clusters of galaxies // Astron. and Astrophys.—1982.—107, N 2.—P. 338—349.
3. Carter D., Metcalfe N. the morphology of clusters of galaxies // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.—1980.—191.—P. 325—337.

4. *Chinkarini G., Vettolani G., de Souza R. E.* Large-scale structure in the Universe: their form and orientation // *Astron. and Astrophys.*—1988.—**193**, N 1.—P. 47—59.
5. *Flin P., Godlowski W.* The orientation of galaxies in the Local Supercluster // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1986.—**222**.—P. 525—541.
6. *Flin P., Vavilova I. B.* Structure and properties of A1226, A1228, A1257 // *Astro. Lett. & Communications.*—1997.—**6**.—P. 113—117.
7. *Plionis M.* Position angles and alignments of clusters of galaxies // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1994.—**95**.—P. 401—412.
8. *Rhee G. E. R. N., Katgert T.* A study of the elongation of Abell clusters. 1. A sample of 37 clusters studied earlier by Binggeli and Struble & Peebles // *Astron. and Astrophys.*—1987.—**183**, N 2.—P. 217—227.
9. *Stobie R. S.* Analysis of astronomical images using moments // *J. Br. Interplanet. Soc.*—1980.—**33**.—P. 323—326.
10. *Struble M. F., Peebles P. J. E.* A new application of Binggelis test for large-scale alignment of clusters of galaxies // *Astron. J.*—1985.—**90**.—P. 582—589.

Надійшла до редакції 06.11.98