АСТРОФИЗИКА

TOM 41

ФЕВРАЛЬ, 1998

ВЫПУСК 1

УДК: 524.77

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСТРУКТУРЫ ЯДРА СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК ПЕРСЕЯ

А.А.МЕЛКОНЯН¹, Е.Г.НИКОГОСЯН² Поступила 19 июня 1997 Принята к печати 25 декабря 1997

Исследована нерархическая подструктура ядра скопления галактик Персая (А426, А262, А347, N507, N383) с помощью метода S-древесных диаграмм. В основной системе M (100 галактик) определены две подструктуры AM (35 гаклактик) и BM (13 галактик). Группу AM можно отождествить со скоплением А262 и группой N507; BM - с группой N383; в основную систему входят А426 и А347. Ось симметрии системы M проходит через сейфертовскую галактику N1275 и параллельна оси симметрии группы AM, которая представляет собой ядро повышенной плотности галактик скопления. В системах M и AM наблюдается сегрегация галактик по морфологическим типам относительно раднуса. Распределение галактик по позиционным углам равномерное.

1. Введение. Впервые наличие подструктуры в скоплениях галактик было отмечено Баером [1] по результатам оптических наблюдений.

Современные исследования показывают наличие подструктур у 30-50% богатых скоплений [2-6], мульти-компонентная структура присутствует также в изображениях скоплений, полученных в рентгеновских лучах [7-10].

Исследование подструктур в скоплениях имеет большое значение для понимания как эволюции самих скоплений, так и ее отдельных членов [11-13]. Большой интерес представляют также вопросы динамической и геометрической структуры скоплений, распределения в них темной материи [14] и галактик различных морфологических типов [15].

С этой точки зрения большой интерес представляют такие крупномасштабные объекты Вселенной, как сверхскопления [16,17].

Один из примеров подобных образований - сверхскопление Персей [18], центром которого является само скопление Персей, считающееся динамически однородной моносистемой [19]. Это скопление является одним из самых ярких и хорошо изученных источников рентгеновского излучения, особенно в области галактики NGC1275, ядро которой определено как сейфертовское. Исследование карт распределения рентгеновского излучения также показывает отсутствие подструктуры [7,20,21].

2. Метод S-древесных диаграмм. Исследование иерархической подструктуры скопления галактик Персей проводилось с помощью метода

S-древесных диаграмм [22-24].

Подробное изложение метода S-древесных диаграмм можно найти в статье [24]. В основу этого метода положено понятие р-связности двух элементов N-частичной системы, с помощью которого строятся определения р-связной группы и искомого разбиения по р-связным группам. Для этого вводится функция P. - некоторое свойство, определенное на паре элементов.

Заметим, что любую функцию Р можно представить как матрицу.

Другие варианты выбора матрицы *А* также возможны [22]. Заметим, что различные функции *P* с различной "точностью" определяют иерархическую подструктуру системы. Поэтому вопрос устойчивости того или иного разбиения, т.е. сравнение матриц выходной информации, в данном случае не ставится. Одним из возможных направлений в исследовании этой проблемы является метод, изложенный в [25].

Перейдем к описанию численного алгоритма определения подструктуры N-частичной системы при заранее заданной функции P и $\rho_*(\rho_* \in R)$.

Определим с.-связную группу, содержащую частицу x_1 . Она единственна согласно определению ссвязной группы. Далее, все те частицы j (j=2,...,N), для которых $a_{1j} \ge c_1$, составляют с x, единую группу.

Допустим, что это частицы с номерами $x_{g_1}, x_{g_2}, ..., x_{g_N}$, где $g_1 < g_2 < ... < g_n$ и $\forall g_n$ ($\alpha = 1, ..., \omega$), $2 \le g_n \le N$.

Все те частицы *j*, j = 2, ..., N, для которых $a_{g\alpha j} \ge \rho$, $\forall g_{\alpha} \alpha = 1, ..., \omega$, также составляют с x_1 единую группу. Итак, подобным образом расширяем группу, содержащую x_1 . Получается группа

 $X_{z_1}, X_{z_2}, \dots, X_{z_r},$

и аналогичным образом расширяется состав группы для $\forall z_{\tau}$; $2 \le z_{\tau} \le N$; $\tau = 1, \dots, e$.

Процесс продолжается до тех пор, пока не исчерпается возможность расширения подгруппы, содержащей ρ_* -связные с x_1 частицы, т.е. так, что $(a_{z,l} \ge \rho_*; \tau = 1, ..., e)$.

Итак, получены подгруппа $U_1 \subset X(U_1 \neq \emptyset)$. Далее, обозначим $U_{L_1} = X/U_1$.

$$U_{L_{i}}=\left\{ x_{\eta_{1}},\ldots,x_{\eta_{r}}\right\} ,$$

где $\eta_1 < ... < \eta_r$; $2 \le \eta_m \le N$; m = 1, ..., r.

Повторив вышеописанные действия для множества U_{L_1} , находим следующую подгруппу. Алгоритм завершается при $U_{L_2} \neq \emptyset$, где $U_{L_4} = \mathcal{I}_{L_{4-1}}/U_k$; $1 \le k \le N$.

Таким образом, получена последовательность ρ_* -связных подгрупп $\{U_1, \ldots, U_k\}$.

Очевидно, что изменение значения р. может привести к изменению подструктуры. По этой причине возникает проблема получения всевозможных распределений для конечного числа р, параметров связности.

Таким образом, для заданного критерия связности (функция P) и для каждого параметра связности ρ получаем распределение исследуемой системы по подгруппам, т.е., иными словами, получаем функцию, областью значений которой является всктор ρ , а областью определения соответствующее распределение U_1, \ldots, U_k . Эта информация представляется либо в виде графа (древесная диаграмма), либо в виде таблицы. Алгоритм обработки этой выходной информации описан в работе [24].

В проведенном ниже анализе данных Персея для определения связности - функции *P* использована кривизна *K*^{**}, которая определяет поведение близких геодезических в фазовом пространстве, т.е. зависит как от координат, так и от скоростей частиц - галактик (в данном случае лучевых).

3. Результаты применения метода S-древесных диаграмм. В работе [18] приведен список 116 галактик сверхскопления Персей, укомплектованных до m = 14.0 в области с координатами 0^h45^m < α < 3^h20^m и 26° < δ < 45°. Эта область охватывает скопления A426 (Персей), A347, A262 и группы галактик N383, N507.

После применения метода *S*-древесных диаграмм были получены следующие результаты: 16 галактик были определены как объекты фона (F), а основная система М (100 членов) содержит в себе две подгруппы галактик - АМ (35 членов) и ВМ (13 членов).

На рис.1 представлена карта галактик, где члены разных подсистем обозначены разными символами. Как видно из рис.1, по проекционным положениям галактик разных подсистем их нельзя отделить друг от друга.



Рис.1. Карта распределения галактик из табл.1, члены разных подсистем обозначены разными символами: треугольники - группа М, ромбы - АМ, квадраты - ВМ:

На рис.2 представлена гистограмма распределения галактик по лучевым скоростям. На диаграмме галактики подсистем АМ и ВМ перекрывают друг друга. Следует отметить, что гистограмма системы М имеет два пика со средними лучевыми скоростями 4900 км/с и 5300 км/с, что совпадает с максимумом гистограмм подсистем АМ и ВМ соответственно.





В табл.1 представлены динамические характеристики подсистем (средняя лучевая скорость и се дисперсия, а также координаты центров масс групп AM и BM).

Таблица 1

Система	Количество членов	V (км/с)	σ (км/с)	α	δ
M	100	5095.53	397.59		
A	35	4960.26	129.63	1h31m34.09h	34°26'91"
В	13	5307.46	74.35	1 ^h 36 ^m 28.9 ^s	32°36'24.99"

4. Обсуждение.

4.1 Расположение на небесной сфере. По расположению на небесной сфере и по величине средней лучевой скорости группу АМ можно отождествить со скоплением А262 и группой галактик N507 [16,26], группу ВМ - с группой N383 [26], а основная система включает в себя скопления А426 и А347.

Как видно из рис.1 группа A расположена вдоль основного "хребта" Персея и имеет ту же направленность, что и основная система М. Ось симметрии основной системы имеет позиционный угол (0° - на север, 90° - на запад) равный 77°, ось симметрии группы A - 83°. Оси симметрии определены методом линейной регрессии, а коэффициенты корреляции R соответственно 0.519 и 0.424. Ось симметрии основной системы проходит на расстоянии 6.68 кпк от галактики N1275, которая считается центром ренттеновского излучения скопления A426 [20].

Ось симметрии группы ВМ имеет позиционный угол в 124° и коэффициент корреляции - 0.1438.

4.2. Локальная плотность. Для каждой галактики, члена сверхскопления Персей (по рис.1) определена локальная плотность ρ - гал/Мпк³. Для этой цели использована следующая формула:



где R_{i} - расстояние от данной галактики до *i*-ой соседней галактики, а N = 9 [26].

В табл.2 приводятся результаты средней локальной плотности и ее дисперсии основной системы и группы А. Для группы В из-за недостаточного числа членов подсчеты не проводились.

T	-6.		
11	404	444	- 4

Система	Локальная р	Дисперсия
M	2.05E-02	7.0E-04
A	4.22E-02	1.16E-03

На рис.3 представлена контурная карта распределения локальной плотности в сверхскоплении, на которой на фонс равномерно распределенной локальной плотности выделяется участок с завышенным ее значением, по координатам совпадающий с группой AM, а направленность совпадает с направленностью сверхскопления (65°).





На этом участке можно выделить две концентрации галактик, которые по координатам и по среднему красному смещению идентичны со скоплением A262 и группой галактик N507 [26]. Полученный результат можно сопоставить с данными, приведенными в работе [27], где отмечено, что в районе скопления A262 находится область сверхскопления с более высокой средней плотностью по отношению к галактикам, расположенным в других районах скопления.

4.3. Морфология. В табл.3 приводятся данные по процентному составу галактик разных морфологических типов в подсистемах.

По данным из табл.3 систему АМ и основную систему по Оэмлеру

можно отнести к скоплениям, богатым спиралями, а систему BM - к бедным спиралями.

		411	Таблица З
Система	E	SO	S+Ir
M	14(14%)	28(28%)	58(58%)
A	3(8%)	9(26%)	23(66%)
B	2(15%)	7(54%)	4(31%)

В табл.4 приводятся данные по изменению морфологического процентного состава групп АМ и М вдоль радиуса. Для группы АМ в качестве центра взят ее центр масс, а для основной системы - галактика N1275.

Таблица 4

Система	Расстояние	Количество членов	E	SO	S+Ir
Α	0 - 5 Мпк 5 - 10 Мпк	15	3(20%) 0	4(27%)	8(53%) 7(58%)
	10 - 33 Мпк	8	0	0	8(100%)
М	0 - 15 Мпк 15 - 30 Мпк	24	4(36%) 3(12%)	3(28%) 12(50%)	4(36%) 9(38%)
1/1	30 - 45 Мпк 45 - 65 Мпк	47 18	5(12%) 1(5%)	10(24%) 4(22%)	27(64%) 13(73%)

Как видно из табл.4 в группе AM эллиптические галактики находятся исключительно в центре системы, немного меньше, чем до половины радиуса распространяются S0 галактики, а во внешней части расположены исключительно спирали и иррегулярные галактики.

В основной системе также прослеживается уменьшение процента Е и увеличение процента S и Ir галактик от центра (N1275) к периферии. Линзовидные галактики распределены равномерно, за исключением кольца с радиусом от 15 до 30 Мпк, где они имеют наибольший процент.

Следует отметить, что корреляция между морфологическим типом галактики и ее локальной плотностью не наблюдается.

4.4. Распределение галактик по их позиционным углам. В работс [18] показано, что для галактик с $\varepsilon > 0.3$ распределение галактик по позиционным углам является бимодальным и имеет отклонение от равномерного и случайного распределения.

В нашей работе, после исключения галактик фона, подобного эффекта не наблюдается. По χ^2 для M, AM и BM систем вероятность равномерного распределения галактик по позиционным углам равна соответственно ($P(\chi^2)$) 14%, 58% и 14%. (Как известно, лишь при $P(\chi^2) < 0.5$ имеет смысл говорить об отклонении от равномерного распределения).

Не наблюдается подобного эффекта и для различных морфологических

типов галактик в основной системе $(P(\chi^2, E + S0) = 43\%$ и $(P(\chi, S + Ir) = 21\%)$.

5. Заключение. После применения метода S-древесных диаграмм к 116 галактикам из списка [18] были получены следующие результаты:

- 16 галактик были определены как объекты фона; основная система М (100 галактик) содержит две подсистемы АМ (35 галактик) и ВМ (13 галактик).
- Группа АМ включает в себя скопление А262 и группу галактик N507; группа ВМ - группу N383; система М включает в себя скопления А426 и А347.
- 3. Ось симметрии основной системы проходит через галактику N1275 и параллельна оси симметрии группы АМ.
- Группа АМ представляет собой ядро повышенной плотности галактик всего сверхскопления, в котором центр масс расположен между двумя концентрациями (А262 и N507).
- 5. В группе АМ наблюдается четко выраженная сегрегация галактик по морфологическим типам относительно радиуса. Подобная зависимость наблюдается также и в основной системе относительно галактики N1275.
- 6. По положению центра масс в группе А и по расположению галактик различных морфологических типов относительно радиуса можно сделать предположение, что скопление А262 и группа N507 - одна система.
- 7. Распределение галактик по позиционным углам равномерное. Часть этих выводов, особенно относящихся к морфологическому распределению галактик, следует считать предварительными, ввиду ограниченности исходных данных по звездной величине.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.Г.Гурзадяну за многочисленные полезные обсуждения.

¹Ереванский физический институт, Армения ²Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения

INVESTIGATION OF THE SUBSTRUCTURE OF PERSEUS GALAXIES SUPERCLUSTER CORE

A.A.MELKONIAN, E.G.NIKOGOSIAN

The hierarchical substructure of the core of Perseus galaxies cluster (A426, A262, A347, N507, N383) has been investigated by S-diagram method. In

the main system M (100 galaxies) were defined two substructures AM (35 galaxies) and BM (13 galaxies). AM group may be identied with A262 cluster and N507 group; BM - with group N383; the main system includs A426 and A347. The symmetry axies of the main system passing through galaxy N1275 and is parallel to AM symmetry axis. Galaxies distribution by positional angles is uniform.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. F.M.Baier, Astron. Nach., 298, 151, 1977.
- 2. M.J. Geller, T.C. Beers, Publ. Astron. Soc. Pacif., 94, 421, 1982.
- 3. C.Bird, Astron. J., 107, 1673, 1994.
- 4. E.Escalera, M.Abirani, M.Girardi, Astrophys. J., 423, 539, 1994.
- 5. B.Maccagni, M.Garilli, M.Taranghi, Astron. J., 109, 465, 1995.
- 6. *M.J.West*, in: "Clusters of Galaxies", (eds: F.Durret, A.Mazure, J.Tran) Editions Frontieres, 1994.
- 7. J.J.Mohr, B.G.Fabricant, M.Geller, Astrophys. J., 413, 492, 1993.
- 8. S.A. Grebenev, W.Forman, C.Jones et al, Astrophys. J., 445, 607, 1995.
- 9. A.J.Zabludoff, D.Zaritsky, Astrophys. J., 447, L21, 1995.
- 10. M.J. West, A. Oemler, A. Dekel, Astrophys. J., 327, 1, 1988.
- 11. M.J.West, C.Jones, W.Forman, Astrophys. J., 451, 15, 1995.
- 12. T.G.Beers, M.J.Geller, Astrophys. J., 247, 491, 1983.
- 13. S. Tremaine, in "Dynamics and Interactions of Galaxies", (ed. R. Wielen) N.Y. Springer, 394, 1990.
- 14. A.Serna A., J.-M. Alimi, H.Scholl, Astrophys. J., 427, 574, 1994.
- 15. B.C.Whitmore, D.M.Gilmore, C.Jones, STSI, PS 699, 1992.
- 16. R. Giovanelli, M.B. Hynes, G.L. Chingarini, Astrophys. J., 300, 77, 1986.
- 17. P.Katgert, A.Mazure, G.Perea, Astron. Astrophys., 310, 8, 1996.
- 18. S.A. Gregory, L.A. Thomson, W.G. Pifft, Astrophys. J., 243, 411, 1981.
- 19. S.M.Kent, W.L.W.Sargent, Astron. J., 88, 697, 1985.
- 20. R.A.Schwartz, A.C.Edge, W.Voges et al, Astron. Astrophys., 256, L11, 1992.
- 21. E.Slezak, F.Durret, D.Gerbal, Astron. J., 108, 1996, 1994.
- 22. V.G.Gurzadyan, A.A.Kocharian, Paradigms of the Large Scale Universe, Gordon&Breach, 1994.
- 23. V.G.Gurzadyan, V.Harutunian, A.A.Kocharian, Astron. Astrophys., 281, 964, 1994.
- 24. К.М.Бекарян, А.А.Мелконян, Астрофизика, 403, 425, 1997.
- 25. K.M.Bekarian, V.G.Gurzadyan, Prepr. ICTP-416, Trieste, 1993.
- 26. S.Sakai, R.Giovanelly, G.Wegner, Astron. J., 108, 33, 1994.
- 27. R.E.De Souza, G.Vettolani, G.Chingarini, Astron. Astrophys., 143, 1985.
- 28. M.P. Haynes, R. Giovanelli, NAIC, 243, 1988.