

УДК: 524.7

## ГРУППЫ ГАЛАКТИК. I. ПРИНЦИПЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ

А. П. МАГТЕСЯН

Поступила 4 мая 1987

Принята к печати 20 декабря 1987

Критически рассмотрены принципы идентификации групп галактик, предложенные Хукрой и Геллер, и даны физически более обоснованные критерии.

1. *Введение.* Изучение систем (групп) галактик связано с такими интересными вопросами, как а) оценки масс галактик ([1—4]) и ссылки в них), б) изучение связей между галактиками и их окрестностями (см., например, [5—8]), что важно для понимания эволюции галактик.

До настоящего времени опубликовано несколько списков систем галактик (см., например, [1, 3, 9—13]).

Хукра и Геллер [8], критически рассмотрев некоторые предыдущие работы, предложили новый метод идентификации групп галактик, который хорошо определен, объективен и легко применим. Согласно их методу, из списка, ограниченного видимой звездной величиной и с полными данными лучевых скоростей, сначала выбирается произвольная галактика, а затем в ее окрестности ищутся соседи по следующим критериям:

$$D_{12} = 2 \frac{V}{H} \sin\left(\frac{\vartheta}{2}\right) \leq D_L(V_1, V_2, m_1, m_2),$$

$$V_{12} = |V_1 - V_2| \leq V_L(V_1, V_2, m_1, m_2),$$

где  $V = (V_1 + V_2)/2$ ;  $V_1, V_2, m_1, m_2$  — лучевые скорости и видимые звездные величины первой и второй галактики соответственно,  $\vartheta$  — угловое расстояние,  $D_{12}$  — проекция линейного расстояния между ними на небесную сферу,  $H$  — постоянная Хаббла, а функции  $D_L$  и  $V_L$  определяются формулами (1) и (2) (см. ниже).

Удовлетворяющие этим критериям соседи считаются членами группы. Далее рассматриваются окрестности уже выбранных таким образом членов группы и тем же методом находятся новые соседи. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будут выявлены все члены группы.

Для определения величин  $D_L$  и  $V_L$  предполагается, что функция светимости  $\Phi(M)$  галактик не зависит от их расстояния и положения. Что-

бы учесть изменение наблюдаемой функции светимости от расстояния, вышеупомянутые авторы принимают:

$$D_L = D_0 R, \quad V_L = V_0 R, \quad (1)$$

где

$$R = \left[ \int_{-\infty}^{M_{12}} \Phi(M) dM / \int_{-\infty}^{M_{lim}} \Phi(M) dM \right]^{-1/3}, \quad (2)$$

$$M_{lim} = m_{lim} - 25 - 5 \lg(V_F/H),$$

$$M_{12} = m_{12} - 25 - 5 \lg(V/H),$$

$D_0$  — предельное расстояние в проекции, а  $V_0$  — предельная разница лучевых скоростей на расстоянии, соответствующим  $V_F = 1000$  км/с,  $m_{lim}$  — предельная звездная величина галактик выборки.

Отметим, что процедура выбора пар, использованная Хукрой и Геллер, коммутативная: если первая галактика находит вторую в качестве соседа, то вторая галактика обязательно находит первую. Это означает, что для данных  $D_0$  и  $V_0$  группы выявляются однозначно.

Описанную выше технику можно легко применить для целой сетки параметров  $D_0$  и  $V_0$ , с целью изучения чувствительности характеристик групп к этим параметрам. Таким образом, Хукра и Геллер нашли те области значений этих параметров, где характеристики групп мало чувствительны к ним.

Наряду с достоинствами «попарной техники», предложенной Хукрой и Геллер [3], в выборе соседа имеются также недостатки.

Не вполне корректно считать  $D_L$  одинаковым для галактик с разными массами (светимостями), находящихся на данном расстоянии. Для слабых галактик эта величина должна быть меньше.

Поскольку  $D_L$  является функцией расстояния, то не очень компактные группы, состоящие, в основном, из ярких галактик (т. е. имеющие аномальную функцию светимости), на близких расстояниях (где  $D_L$  меньше) могут быть не выявлены, либо выявлены не все члены. В частности, возможно, что они искусственно будут разбиты на несколько групп. С другой стороны, на больших расстояниях (где  $D_L$  больше), не исключается возможность объединения некоторых галактик в ложную группу или причисления к искомой группе ложных членов. Это может привести, в свою очередь, к увеличению дисперсии скоростей групп с увеличением расстояния.

Определение  $V_L$  с помощью (1) и (2) также приведет к увеличению числа ложных групп и ложных членов групп, а также к росту дисперсии скоростей галактик в них с увеличением расстояния.

Как отмечают сами авторы, число ложных членов групп и дисперсия скоростей галактик в них оказываются функциями расстояния [3, 12].

Целью настоящей работы является нахождение физически более обоснованных критериев идентификации групп галактик, которые устранили бы или же заметно смягчили отмеченные недостатки и сохраняли бы основные достоинства метода Хукры и Геллер [3].

2. *Критерии отбора.* Отличие нашего метода идентификации групп от метода Хукры и Геллер [3] заключается в новом подходе к отбору соседней галактики.

Для нахождения соседа у данной галактики с физической точки зрения правильнее использовать не расстояние, а параметры, которые определяют гравитационное взаимодействие между галактиками, например:

$$1) \frac{\max(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2)}{r_{12}}, \quad 2) \frac{\max(\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2)}{r_{12}^2},$$

где  $\mathfrak{M}_1$  и  $\mathfrak{M}_2$  — массы галактик, а  $r_{12}$  — расстояние между ними.

Второй параметр использован в работе Тулли [11], где для выявления групп галактик предложена «силовая иерархическая техника». В дальнейшем эта техника с некоторыми изменениями была применена Венником [13]. Отметим, что иерархический метод группировки впервые описан Матерном [10].

Для идентификации групп галактик нам кажется более обоснованным использование первого параметра, который, кроме этого, предъявляет более жесткое требование для выявления физически реальных систем.

Мы считаем, что две галактики являются соседями, если одна из них находится в сильном гравитационном поле другого, а разница их лучевых скоростей меньше некоторой определенной величины. Учитывая также, что масса галактики пропорциональна ее светимости, наши критерии условия соседства можно написать в следующем виде:

$$\frac{\max(k_T L_1, k_T L_2)}{D_{12}} \geq E_0, \quad (3)$$

$$|V_1 - V_2| \leq V_0, \quad (4)$$

где  $V_1$  и  $V_2$  являются лучевыми скоростями первой и второй галактики, соответственно, а  $D_{12}$  — расстояния между ними в проекции на небесную сферу.  $L_1$  и  $L_2$  — светимости галактик,  $k_T$  и  $k_T$  — коэффициенты, зависящие от морфологических типов галактик. В сущности это — отношение чешских типов галактик [7, 41], то для эллиптических и линзовидных галактик величин  $\mathfrak{M}/L$  для данного морфологического типа галактик к аналогичной величине для спиральных галактик (т. е.  $k_s = 1$ ). Поскольку исследования последних лет показали, что величины  $\mathfrak{M}/L$  слабо зависят от морфологических типов галактик [2, 14], то для эллиптических и линзовидных галактик можно принять  $k_E = k_L = 1 + 2$ .

При ограничении разности лучевых скоростей с помощью (4) принимается, что внутри групп нет зависимости скоростей галактик от их масс (светимостей), т. е. мы придерживаемся гипотезы о равномерно распределенных скоростях, что не противоречит наблюдениям [15—17].

Для определения значений параметров  $E_0$  и  $V_0$ , при которых группы будут наиболее реальными физическими (динамическими) ассоциациями, составляются списки групп для целой сетки значений этих параметров и выбирается участок  $E_0^{(1)} \leq E_0 \leq E_0^{(2)}$ ,  $V_0^{(1)} \leq V_0 \leq V_0^{(2)}$ , где средние характеристики групп слабо зависят от этих значений. При этом число выявленных систем должно быть ближе к максимальному.

Покажем, что в предложенном методе идентификации групп галактик нет необходимости учета изменения наблюдаемой функции светимости от расстояния, в довольно широком диапазоне расстояний.

Ясно, что при выявлении группы, галактики разных светимостей играют разную роль. Определим, галактики какой светимости играют в идентификации наименьшую роль. Предположим, что процедура отбора группы применяется для галактик с фиксированной абсолютной звездной величиной  $M$ . Очевидно, что чем больше радиус нахождения соседа для галактик данной светимости (который пропорционален их светимости  $L = C \cdot 10^{-0.4M}$ , см. (3)) и чем меньше среднее расстояние между ними (пропорциональное  $\Phi(M)^{-1/3}$ ), тем большую роль играют эти галактики при выявлении группы. Поэтому для решения поставленной задачи необходимо рассмотреть ход изменения величины  $\eta(M) = 10^{-0.4M} \Phi(M)^{1/3}$  от  $M$ . С этой целью воспользуемся функцией светимости галактик  $CfA$  обзора [18], которая приведена в работе [12]. Вычисления показывают, что с уменьшением значения  $M$  до  $M = -20.5$  ( $H = 100$  км с<sup>-1</sup> Мпк<sup>-1</sup>),  $\eta(M)$  монотонно возрастает, а затем убывает (табл. 1).

Таблица 1

$M$	$\eta(M)$	$M$	$\eta(M)$	$M$	$\eta(M)$
-13.0	$6.72 \cdot 10^4$	-17.0	$1.79 \cdot 10^6$	-20.5	$1.35 \cdot 10^7$
-14.0	$1.54 \cdot 10^5$	-18.0	$3.87 \cdot 10^6$	-21.0	$1.19 \cdot 10^7$
-15.0	$3.52 \cdot 10^5$	-19.0	$7.76 \cdot 10^6$	-22.0	$3.04 \cdot 10^6$
-16.0	$7.98 \cdot 10^5$	-20.0	$1.25 \cdot 10^7$		

Таким образом, при идентификации групп по предложенному нами методу, до  $M = -20.5$ , решающую роль играют галактики высоких светимостей. Поскольку для выявления групп в качестве исходного списка нами использован  $CfA$  обзор [18], а галактики с  $M = -20.5$  достигают предель-

ной звездной величины этого обзора ( $m_{lim} = 14.5$ ) на расстоянии 100 Мпк\* (в объеме, соответствующем этому расстоянию, находятся почти все галактики выборки), то исключается необходимость учета изменения наблюдаемой функции светимости галактик от расстояния, т. е. нет необходимости использования функции светимости галактик.

Определение значений выборочных параметров  $E_0^{(1)}$ ,  $E_0^{(2)}$ ,  $V_0^{(1)}$  и  $V_0^{(2)}$ , а также список групп и их некоторые характеристики будут приведены в следующей статье. Здесь для сравнения приводим лишь зависимости дисперсии скоростей галактик от средних лучевых скоростей для групп определенных по нашим критериям (рис. 1) и по критериям [12] (рис. 2). В обоих случаях использована одна и та же выборка галактик [18].

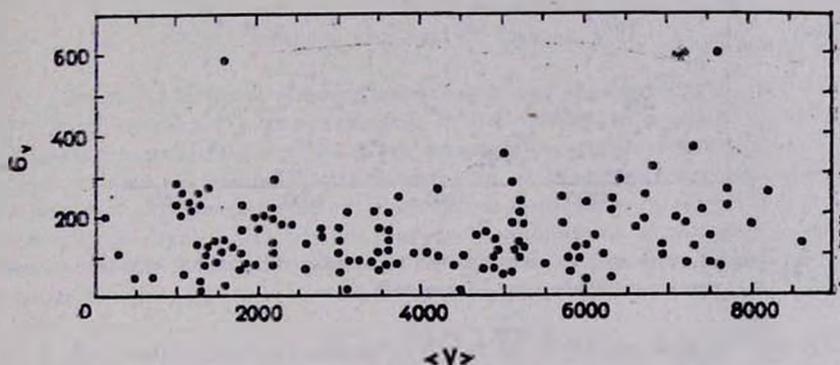


Рис. 1. Зависимость дисперсий скоростей галактик от средних лучевых скоростей для групп, определенных по нашим критериям.

В первом случае (рис. 1) нет заметной корреляции между рассматриваемыми величинами, а во втором — коэффициент корреляции ( $\rho = 0.50 \pm 0.06$ ) значительно отличается от нуля (на уровне значимости  $10^{-3}$ ).

Автор благодарен Э. Е. Хачикяну, Г. А. Арутюняну, М. А. Оганни-сяну и И. Д. Караченцеву за полезное обсуждение и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## GROUPS OF GALAXIES. I. IDENTIFICATION PRINCIPLES

A. P. MAHTESSIAN

The identification principles of groups of galaxies suggested by Huchra and Geller are critically discussed. Physically more improved criteria are given.

\* Галактическое поглощение не учтено.

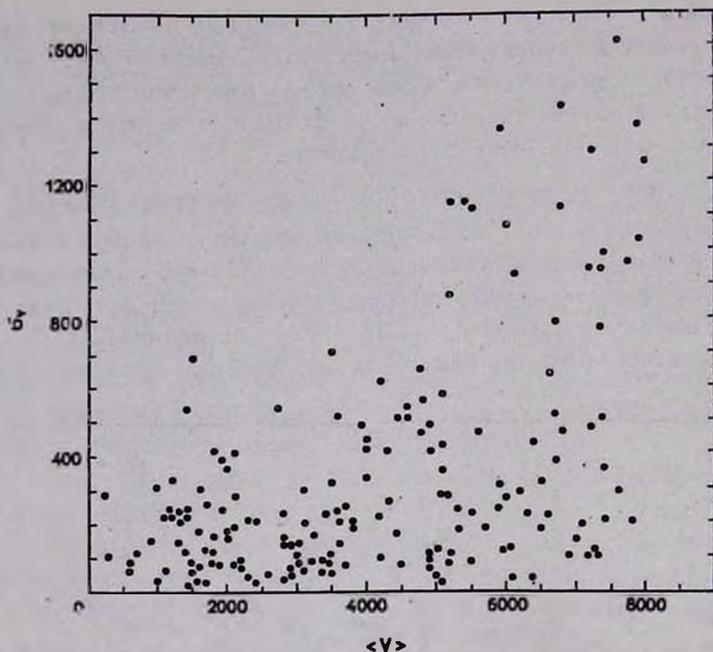


Рис. 2. Зависимость дисперсий скоростей галактик от средних лучевых скоростей для групп, определенных по критериям Геллер и Хучры [12].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Д. Караченцев, Проблемы космической физики, 5, 201, 1970.
2. S. Faber, J. Gallagher, Annu. Rev. Astron. and Astrophys., 17, 135, 1979.
3. J. P. Huchra, M. J. Geller, Astrophys. J., 257, 423, 1982.
4. M. Mezzetti, A. Pisani, G. Giuricin, F. Mardirossian, Astron. and Astrophys., 143, 188, 1985.
5. G. Gsler, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 183, 633, 1978.
6. М. А. Смирнов, Б. В. Комберг, Астрофизика, 16, 431, 1980.
7. М. А. Аракелян, А. П. Магтесян, Астрофизика, 17, 53, 1981.
8. А. П. Магтесян, Сообщ. Бюракан. обсерв., 53, 102, 1982; 57, 13, 21, 1985.
9. Ф. В. Байер, Г. Турш, Астрофизика, 15, 33, 1979.
10. J. Materne, Astron. and Astrophys., 63, 401, 1978.
11. R. B. Tully, Astrophys. J., 237, 390, 1980.
12. M. J. Geller, J. P. Huchra, Astrophys. J. Suppl. Ser., 52, 61, 1983.
13. J. Vennik, Tartu Astron. Observ. Teated, 73, 3, 1984.
14. И. Д. Караченцев, Астрофизика, 16, 217, 1980.
15. H. J. Rood, T. L. Page, E. C. Kintner, I. R. King, Astrophys. J., 175, 627, 1972.
16. S. M. Kent, J. E. Gunn, Astron. J., 87, 945, 1982.
17. S. M. Kent, W. L. Sargent, Astron. J., 88, 697, 1983.
18. J. Huchra, M. Davis, D. Latham, J. Tonry, Astrophys. J. Suppl., 52, 89, 1983.
19. T. K. Menon, P. Hickson, Astrophys. J., 296, 60, 1985.
20. G. Giuricin, F. Mardirossian, M. Mezzetti, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser., 62, 157, 1985.