

УДК: 524.45

Краткие сообщения

ЭФФЕКТ СВЕРХЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОИСКЕ СВЕРХСКУЧИВАНИЙ

1. *Введение.* Известно, что более 90% всех галактик входит в скопления и группы [1]. Отклонения от пуассоновского распределения центров таких систем в ячейках пространства принято приписывать явлению сверхскучивания (сверхскопления, ячеистые структуры, кратные скопления, непрерывное скупивание). В случае поверхностного распределения галактик по небу реальность таких отклонений была подвергнута сомнению еще в работе [2]. В ней показано, что уже на угловых расстояниях, превышающих $0^{\circ}.4$, корреляционные функции чисел галактик ярче 19^m отражают, в основном, свойства межзвездной поглощающей среды Галактики. Такой же результат для несколько больших угловых расстояний подтвержден недавно в работе [3] методом статистического моделирования. Что касается распределения объектов по расстояниям от наблюдателя, которое некоторыми авторами считается свободным от эффектов неравномерного межзвездного ослабления света (в дальнейшем - МОС), то оно было подробно изучено в работах [4,5], в которых было показано, что после надлежащего учета некоторых тонких статистических механизмов (включая и наблюдательную селекцию) вывод о неравномерном пространственном распределении систем галактик не является обязательным. Такой же результат получен при изучении распределения по угловым диаметрам галактик с сильно вытянутыми изображениями (плоские галактики, наблюдаемые с ребра) [6] и ИК-выборки галактик, почти свободной от эффектов МОС [7]. Наконец, в случае так называемого Местного сверхскопления в работе [8] было показано, что распределения галактик по хаббловским расстояниям и по угловым диаметрам не дают убедительных свидетельств против предположения о том, что так называемый Млечный Путь галактик, перпендикулярный его звездному аналогу, есть всего лишь случайная флуктуация в распределении групп галактик, подчеркнутая нашей близостью к богатому скоплению в Деве.

Тем не менее, реальность сверхскучивания галактик у большинства астрономов не вызывает сомнения. Поэтому особенно интересным является исследование глубоких выборок, охватывающих десятки тысяч галактик в сравнительно небольших областях неба на высоких широтах,

где резкие изменения величины МОС маловероятны, а данные считаются однородными, так как используется единственная пластинка.

2. *Метод и результаты.* Один из малоизвестных статистических механизмов подробно рассмотрим на простом примере глубокой выборки галактик [9]. Компьютерные подсчеты всех галактик ярче $B \approx 22^m$ были выполнены в области размерами $3^\circ.82 \times 3^\circ.82$ вблизи южного галактического полюса ($l = 231^\circ$, $b = -80^\circ$). При $H = 75$ км/с/Мпк среднее расстояние этих галактик от нас составило около 2000 Мпк. Как правило, вблизи края пластинок подсчеты ненадежны, поэтому мы дальше рассматриваем только центральную область размерами $3^\circ.34 \times 3^\circ.34$, содержащую около 22000 галактик. Пространственная рамка (квадрат), соответствующая среднему расстоянию, составила 120×120 Мпк². Область была разбита на 196 элементарных площадок (в дальнейшем - э.п.) размерами примерно $0^\circ.24 \times 0^\circ.24$ с пространственной рамкой 8×8 Мпк², которая соответствует почти точно ликским подсчетам [10] в э.п. размерами $1^\circ \times 1^\circ$ (при $|b| > 40^\circ$). Средние значения чисел галактик n в э.п. этих выборок составили, соответственно, 112 и 49.

На рис.1 для глубокой выборки (кружки) и ликских подсчетов (крестики) сравниваются распределения величины

$$x = (n - \langle n \rangle) / \sigma, \quad (1)$$

где $\langle n \rangle$ и σ^2 - среднее значение и дисперсия величины n . В случае ликских подсчетов использовались данные 13800 э.п. в 460 полях и для удобства сопоставлений результаты были нормированы к 196 э.п. Сравнение распределений частот r_x значений x на разных широтах и, соответственно, при разных значениях $\langle n \rangle$ не показало существенных расхождений. Как видно на рис.1, такое же распределение наблюдается и в глубокой выборке.

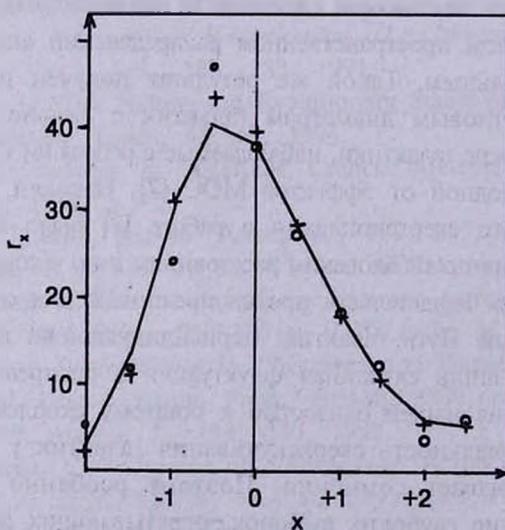


Рис.1.

На том же рисунке показан полигон частот, рассчитанных при помощи интерполяционной формулы для плотности вероятности:

$$f(x) = 1.221 z^{6.4} \text{dex}(-1.18 z), \quad z = x + 2.72 > 0. \quad (2)$$

Крайне левая и правая точки (кружки, крестики) на рис.1 соответствуют неравенствам: $x < -1.75$ и $x \geq 2.25$. Весьма хорошее представление наблюдений при $x \geq 0$ позволяет использовать функцию (2) при дальнейших статистических оценках. Вероятность $P(x)$ выполнения неравенства $(n - \langle n \rangle) / \sigma \geq x$ будем при $x \geq 0$ находить по формуле:

$$P(x) = \int_x^{\infty} f(t) dt. \quad (3)$$

В самом простом случае при выделении э.п., принадлежащих скоплениям (сверхскоплениям), применяется критерий вида: $n - \langle n \rangle \geq \beta$, где β - постоянная. Рассмотрим группу э.п. при одном и том же значении МОС, равном ϵ . Для таких э.п. справедливо равенство:

$$\langle n \rangle = n_0 \text{dex}(-k \epsilon), \quad (4)$$

где n_0 - значение $\langle n \rangle$ при $\epsilon = 0$ и $k \approx 1$ (обычно используемое значение, учитывающее зависимость вероятности обнаружения галактики не только от ее интегрального блеска, но и от поверхностной яркости). Величину σ^2 после исключения эффекта неравномерного МОС [11], можно представить в виде: $\sigma^2 = s \langle n \rangle$, где $s \approx 3.5$ - средняя кратность галактик, искаженная эффектом разрезания групп и скоплений границами э.п. (ликские подсчеты). Тогда вероятность выполнения приведенного выше критерия можно получить по формуле (3), положив в ней

$$x = \beta / \sqrt{3.5 n_0 \text{dex}(-k \epsilon)}. \quad (5)$$

При $x > 1.25$ можно получить приближенную формулу

$$P(x) \approx \text{dex}\left[-0.71\beta (s n_0)^{-0.5} \text{dex}(k \epsilon / 2)\right]. \quad (6)$$

На рис.2 зачернены те э.п. глубокой выборки, в которых выполнено условие: $n \geq 150$. Эти э.п. в некоторых местах тяготеют друг к другу, выделяя несколько сверхскоплений или фрагменты ячеистой структуры.

Однако можно обойтись без этих сверхскупиваний, если принять во внимание малоизвестный эффект *сверхчувствительности* вероятности $P(x)$ обнаружения э.п. с $n \geq 150$ к колебаниям величины МОС (либо к небольшой неоднородности данных). Данный эффект, впервые упомянутый в работе [4], до сих пор другими авторами не учитывался.

Пусть, например, МОС отсутствует в участках А, В, С и D, выделенных на рис.2. В остальных местах значение ϵ величины МОС примем равным $0^m.09$. Так как число э.п. во всех выделенных участках составляет долю 0.362 от числа всех э.п., то среднее по области значение МОС равно $0.638 \cdot 0^m.09 = 0^m.057$. Такое малое значение МОС весьма трудно обнаружить

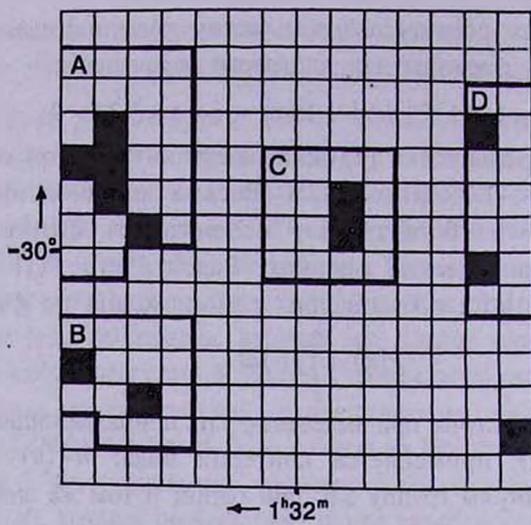


Рис.2.

и измерить. Из уравнения: $n_0(0.362 + 0.638 \text{dex}(-0.09)) = \langle n \rangle$, где $\langle n \rangle = 112$ (см. выше), определяем величину $n_0 = 127.2$. Отсюда сразу же получаем величины $\beta_0 = 150 - n_0 = 22.8$, $\beta_1 = 150 - n_0 \text{dex}(-0.09) = 46.6$ (индекс "0" соответствует случаю $\varepsilon = 0$), $x_0 = 1.081$ и $x_1 = 2.45$. Расчеты с помощью (2) и (3) дают $P(x_0) = 0.161$ и $P(x_1) = 0.0222$.

Из этих простых оценок следует неожиданный и важный вывод: в данной глубокой выборке увеличение МОС на $0^m.09$, влекущее за собой уменьшение плотности числа галактик в $\text{dex}(0.09) = 1.23$ раза, приводит к уменьшению вероятности появления э.п. с $n \geq 150$ в 7.25 раза! Вероятнее всего, этим и объясняется некоторое скучивание э.п. с $n \geq 150$.

Действительно, математические ожидания (м.о.) чисел таких э.п. в участках А, В, С и D, равные произведению величины $P(x_i)$ на число э.п. в участке, составляют, соответственно, 4.2, 2.4, 2.6 и 2.3 - в хорошем согласии с наблюдаемыми числами. Для остальных 125 э.п., где имеется только одна э.п. с $n \geq 150$, м.о. (2.8) все еще не противоречит наблюдениям.

3. Заключение. Приведенный в предшествующих абзацах пример эффекта слабой неоднородности подсчетов галактик (в данном случае - из-за неравномерного МОС) кажется, на первый взгляд, неинтересным, так как не приводит к обнаружению крупномасштабного скучивания в видимом распределении галактик. Наоборот, резкий спад значений функции $P(x)$, характерный для ликских подсчетов и для более глубоких выборок, оказывается причиной появления ложных сгущений в распределении по небу площадок с сильно повышенными числами галактик. Эти сгущения не выделялись бы так контрастно, если бы наблюдательный материал был идеально однородным.

Сверхчувствительность к любой неоднородности данных результатов

выявления крупномасштабных неоднородностей в галактическом поле требует от исследователя всестороннего анализа возможных причин возникновения даже небольших колебаний в условиях наблюдений.

В рассмотренном выше примере было бы интересно сопоставить величину МОС в площадках А, В, С и D с другими местами области.

Supersensitivity effect at the search for superclustering. This work contains a brief summary of authors publications relating to problem of the reality of the galaxies superclustering. A statistical mechanism which provides supersensitivity for probability to detect the false superclustering to any variations in the observational conditions is applied.

12 декабря 2000
Псковский государственный
педагогический институт, Россия

Б.И.Фесенко
B.I.Fesenko

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.И.Фесенко, Астрон. ж., 53, 686, 1976.
2. Б.И.Фесенко, Письма в Астрон. ж., 4, 536, 1979.
3. Б.И.Фесенко, Астрон. ж., 73, 677, 1996.
4. Б.И.Фесенко, Астрон. ж., 60, 1077, 1983.
5. Б.И.Фесенко, Астрофизика, 24, 453, 1986.
6. Б.И.Фесенко, Астрофизика, 18, 37, 1982.
7. Б.И.Фесенко, Астрон. ж., 69, 1, 1992.
8. Б.И.Фесенко, Астрофизика, 25, 162, 1986.
9. H.T.MacGillivray, R.J.Dodd, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 193, 1, 1980.
10. C.D.Shane, C.A.Wirtanen, Pubs. Lick. Observ., 22, 1, 1967.
11. Б.И.Фесенко, Н.П.Путьев, Астрон. ж., 51, 736, 1974.