

СТАТИСТИКА ДІАГРАМ КОЛІР–ВЕЛИЧИНА КУЛЯСТИХ СКУПЧЕНЬ

О. М. Ейгенсон

*Астрономічна обсерваторія Львівського національного університету імені Івана Франка,
Кирила і Мефодія, 8, 79005, Львів
(Отримано 21 грудня 2006 р)*

Одним із методів кластерного аналізу розглянуто розподіл кулястих скупчень у просторі морфологічних параметрів гілки червоних гігантів. Виділено декілька класів, які не є ізольованими, а переходять один в одного неперервно. Зроблено висновок, що формування сукупності скупчень мало, радше, неперервний характер.

Ключові слова: скупчення, кластерний аналіз, класифікація.

PACS number(s): 98.20.Gm

Діаграми колір–величина кулястих скупчень становлять спостережувальну основу наших уявлень про еволюцію зір. Але їх можна застосувати і з іншою метою. Річ у тім, що вже давно обговорюють питання про характер формування сукупності скупчень — чи був він неперервним, чи спалаховим. Деякі відомості про це можна отримати, розглядаючи розподіл сукупності скупчень у просторі параметрів, які описують властивості скупчень. Якщо цей розподіл неперервний, то це, скоріше, свідчить про неперервний процес. І, навпаки, наявність явно виражених згущень і пустот може бути ознакою спалахового характеру процесу. Вияснення цього питання і є метою нашої статті. При цьому використано характеристики гілки червоних гігантів кулястих скупчень, каталог яких опублікували Феррарі та ін. у 1999 р. [1].

Адекватним апаратом є кластерний (таксономічний) аналіз. У ньому розглянуто множину N об'єктів, кожний з яких заданий сукупністю k параметрів, тобто в k -вимірному просторі. Цю множину необхідно розбити на підмножини (кластери, таксони), так щоб кожний об'єкт входив в один і тільки один кластер та щоб об'єкти, які входять в один кластер, були в певному сенсі подібними [2].

За міру подібності тут прийнято евклідову відстань між об'єктами в просторі параметрів опису. Попередньо проведено нормування кожного з параметрів вигляду $x' = \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}$, де \bar{x} — середнє значення цього параметра, а σ_x — середнє квадратичне відхилення.

Використано центроїдний метод кластерного аналізу [2]. У ньому всі N об'єктів розглянуто спочатку як одноточкові кластери. Потім два об'єкти з найменшою відстанню зараховано в перший кластер. Його центр визначено як середнє координат цих об'єктів і обчислено відстань між цим центром і всією рештою об'єктів. Потім знайдено наступну мінімальну відстань. Якщо нею виявиться відстань між центром двоточкового кластера та одним із решти об'єктів, цей об'єкт приєднується до двоточкового кластера. Назначається триточковий кластер. У протилежному випадку назначається новий двоточковий кластер і т. д. Урешті-решт усі N об'єктів можна об'єднати в n -точковий кластер.

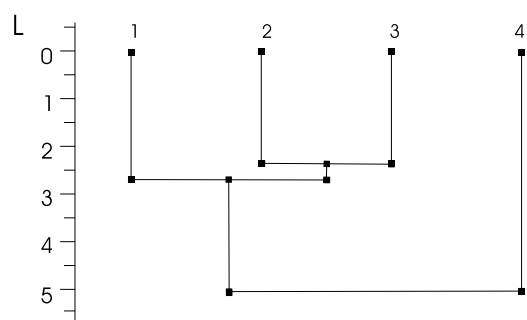


Рис. 1. Дендрограма 4-х кластерів.

Отриману кластеризацію можна ілюструвати дендрограмою (рис. 1). Зверху вказано номери об'єктів, які об'єднуються (або кластерів, кожний з яких складається з декількох об'єктів), а по вертикальній осі відкладено рівень об'єднання L , тобто та відстань, на якій відбувається це об'єднання.

Параметрами класифікації в нашому випадку є такі характеристики гілки червоних гігантів: $\Delta V_{1.1}$ — перевищення зоряної величини гілки гігантів над горизонтальною гілкою, прочитане при $(B - V)_0 = 1.1$; $(B - V)_{0.g.}$ — колір гілки гігантів на рівні горизонтальної гілки; $(B - V)_{0,-1}$ — колір гілки гігантів при $M_V = -1$; $S_{2,0}$ — нахил лінії, яка з'єднує дві точки гілки гігантів: перша — перетин гілки гігантів із лінією, яка визначає рівень горизонтальної гілки; друга — точка на гілці гігантів на $2^m \cdot 0$ яскравіша, ніж горизонтальна гілка. До цих чотирьох параметрів додано ще значення металічності $[\text{Fe}/\text{H}]$.

Отже, розглянуто п'ятивимірний простір.

У підсумку виділено чотири кластери. Їхній склад подано в таблиці 1, а середні характеристики та дисперсії (в дужках) — у таблиці 2. Тут в останньому стовпчику подано також середні відстані від центра Галактики, які не входять у метрику та відіграють роль “вільного параметра”.

Видно, що середні значення параметрів кластерів істотно відрізняються. Побудова всяких можливих 2-мірних діаграм для сукупності скупчень у кластерах показала, що суттєвих проміжків між кластерами немає.

№ кластерів	Скупчення
1	NGC 2419, 7099, 4590, 7078, 4372, 1841, 5053, 5466, 6341
2	NGC 1904, 5272, 6205, 7006, 6934, IC 4499, NGC 4833, 6752, 1466, Rup 106, NGC 4147, 6093, 6254, 5286, Arp 2, NGC 5824, 5897, 6397, 6681, 6981, 3201, 6584, 1261, 5904, 6266, 6218, 6229, 2808, 7492, 6535
3	NGC 288, 6717, 1851, 362, 6712, 6121, 104, 6171
4	NGC 6637, 6838, 6366, 5927, 6352

Таблиця 1. Характеристики кластерів.

№ кластерів	[FeI/H]	$\Delta V_{1,1}$	$(B - V)_{o.g.}$	$S_{2,0}$	$(B - V)_{0,-1}$	$R_{G.C.}$
1	-2.09 (0.17)	2.60 (0.09)	0.70 (0.03)	8.29 (0.78)	0.85 (0.03)	23.2 (28.1)
2	-1.40 (0.19)	2.10 (0.21)	0.77 (0.05)	6.67 (0.55)	1.00 (0.06)	10.6 (6.6)
3	-1.00 (0.16)	1.47 (0.24)	0.87 (0.05)	5.18 (0.30)	1.17 (0.07)	8.2 (4.4)
4	-0.67 (0.13)	0.50 (0.21)	1.02 (0.03)	4.37 (0.34)	1.43 (0.07)	4.1 (1.9)

Таблиця 2. Склад кластерів.

Монотонний перехід між кластерами видно й на дендрограмі. Стрибок відбувається тільки при останньому об'єднанні, коли високометалічні скупчення в центральній ділянці Галактики об'єднуються з усією рештою.

Якщо структура множини відображає процес, який

його породив, одержані результати означають, що формування сукупності кулястих скупчень мало радше неперервний, ніж спалаховий характер. Це підтверджують результати, отримані раніше за іншими даними [3].

[1] F. R. Ferrero *et al.*, *Astron. J.* **118**, 1738 (1999).
[2] Б. Дюран, Н. Оделл, *Кластерный анализ* (Статистика, Москва, 1977).

[3] А. М. Эйгенсон, О. С. Яцък, *Астрон. журн.* **66**, 548 (1989).

STATISTICS OF THE COLOUR–MAGNITUDE DIAGRAMS OF GLOBULAR CLUSTERS

O. Eigenson

*Ivan Franko National University of Lviv, Astronomical Observatory,
8, Kyryla i Mefodija St., Lviv, UA-79005, Ukraine*

A distribution of globular clusters in the space of morphological parameters of the red giant branch is considered by one of the taxonomical analysis methods. Some classes are found which are not isolated but transit one into another continuously. The conclusion is made that clusters formation process was continuous.