Uzbek Journal of Physics
Vol.21(№3) 2019 PP.196-199

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

НОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ШАРОВЫХ СКОПЛЕНИЙ ЗВЕЗД

И.У. Таджибаев[1,2], С.Н. Нуритдинов[1]

[1] Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
[2] Чирчикский пединститут, Ташкентская область, Узбекистан
(Получена 21.01.2019)

Юлдузларнинг шарсимон тўдалари классификацияси йўқлиги сабабли биз бу тўдаларнинг кўринма сиртий зичлигини учта эркин параметрли функция орқали моделлаштирдик. Концентрация параметри ва шарсимон тўдаларнинг физик характеристикалари орасида асосий статистик формулалар топилди. Шундай қилиб, синфлаштириш муаммоси тўлиқ ҳал қилинди.

В связи с отсутствием классификации шаровых скоплений звезд видимая поверхностная плотность этих скоплений моделирована функцией с тремя свободными параметрами. Найдены основные статистические формулы между параметром концентрации и физическими характеристиками шаровых скоплений. Таким образом, решена проблема классификации.

In connection with the lack of a satisfactory solution of the problem of globular cluster's classification (GC) of stars we have modelled apparent density by a function with three free parameters. Basic statistical formulas between the concentration parameter and physical characteristics of GC are found. So we have solved the classification problem.

Шаровые скопления звезд (ШСЗ) Млечного Пути характеризуются большим количеством звёзд и имеют почти сферическое распределение звезд и некоторую сильную концентрацию к центру скопления. К настоящему времени обнаружено 157 ШСЗ из предполагаемого общего количества 180 [1, 2]. Теоретические аспекты происхождения и эволюции ШСЗ требуют создания базы данных наблюдений, выявления имеющихся сходств и существенных различий между ШСЗ, что приводит нас к необходимости разработки их классификации. Несмотря на то, что многие известные авторы [3, 4] стремились решить проблему классификации ШСЗ, однако она до сих пор остается открытой.

По-видимому, впервые вопросы классификации ШСЗ рассмотрены Шепли и Сойер [3]. Авторы предложили классификацию этих объектов по степени видимой концентрации звезд к центру скопления. Они ввели 12 классов по концентрации к центру, обозначив их римскими цифрами. Для этой цели авторы работы составили почти однородную серию снимков. Так, к I классу были отнесены ШСЗ с наибольшей концентрацией к центру, а к XII классу – с наименьшей концентрацией. Для этого ими было исследовано 103 ШСЗ. К сожалению, авторы не приводят конкретных значений степени концентрации. Отметим, что эта классификация получила широкое распространение и до сих пор используется для ШСЗ.

С целью поиска дополнительного параметра ШСЗ мы предлагаем взять концентрацию γ, которая определяется на основе данных наблюдений и связана с концентрацией звезд к центру скоплений. Как мы знаем, ШСЗ имеют сферическую

форму и, предполагая сферическую симметрию скопления, распределение поверхностной плотности звезд будет подчиняться степенному закону. Исходя из этого, мы выбрали модель, описывающую функцию распределения поверхностной плотности $F(r)$ скопления, которая описывается следующей формулой:

$$F(r) = \frac{F_0}{\left[1 + (r / r_c)^2\right]^{\gamma}}, \quad (1)$$

где F_0 – плотность в центре скопления, r_c – радиус ядра ШСЗ и γ – параметр, связанный со степенью концентрации к центру скопления.

Нам необходимо использовать наблюдательные данные для того, чтобы определить степень концентрации γ ШСЗ через поверхностную плотность звезд. Наблюдательные данные нами взяты из [4]. В этой работе авторы использовали соответствующую комбинацию наблюдений космического телескопа Хаббла и широкопольных наземных данных для получения профилей поверхностной плотности звезд в ШСЗ.

Используя данные [4], нами определены значения параметра γ. Для этого мы использовали метод минимизации функционала. Суть метода заключается в следующем: сначала выбираем теоретическую модель для поверхностной плотности звезд, заданной функцией (1), затем строим функционал

$$h(r_c, \alpha, F_0) = \sum_{k=1}^{n} \left[F_{obs} - F(r_c, \alpha, F_0)\right]^2,$$

дающий сумму квадратов разности между наблюдательными данными и ожидаемыми теоретическими величинами. Далее минимизируем функционал $h(r_c, \alpha, F_0)$ относительно параметров r_c, α, F_0 теоретической модели симплексным методом Нелдера-Мида.

С помощью описанного метода минимизации функционала на основе данных наблюдений нами были определены значения параметра γ, радиуса ядра скоплений r_c и поверхностной плотности в центре скопления F_0. Результаты приведены в таблице.

Таблица. Результаты расчета степени концентрации и параметров модели ШСЗ.

№	Название ШСЗ	α	r_c	F_0	c
1	NGC 104	0.72	18.57	7.41	2.07
2	NGC 288	1.33	102.38	0.13	0.99
3	AM 1	1.73	16.33	0.34	1.36
4	Eridanus	1.52	20.70	0.81	1.10
5	NGC 1851	0.97	4.95	5.13	1.86
6	NGC 1904	0.89	7.51	5.14	1.70
7	NGC 2419	1.17	20.27	3.46	1.37
8	Palomar 3	2.13	50.17	0.04	0.99
9	Palomar 4	2.10	39.58	0.03	0.93
10	NGC 5024	1.00	22.43	2.84	1.72
11	NGC 5272	0.80	17.18	2.94	1.89
12	NGC 5466	1.44	105.90	0.10	1.04
13	NGC 5824	0.73	2.65	7.36	1.98
14	NGC 5904	0.67	14.86	3.85	1.73
15	Palomar 14	0.99	40.68	0.23	0.80
16	NGC 6121	0.79	48.29	0.22	1.65

γ

17	NGC 6205	1.03	48.44	3.51	1.53
18	NGC 6229	1.02	8.41	5.02	1.50
19	NGC 6254	1.03	48.44	3.51	1.38
20	NGC 6266	0.86	12.49	10.06	1.71
21	NGC 6341	1.02	15.28	2.15	1.68
22	Terzan 5	1.31	10.74	6.76	1.62
23	NGC 6626	0.69	7.02	2.11	1.67
24	NGC 6809	0.84	70.94	0.17	0.93
25	NGC 6864	1.17	5.85	15.86	1.80
26	NGC 7089	0.89	12.95	2.82	1.59

Интересно, что распределение поверхностной плотности хорошо описывается с этими параметрами. Из таблицы видно, что значения степени концентрации γ меняются в интервалах от 0.67 до 2.13. Далее нами получены зависимости степени концентрации γ от других основных характеристик ШСЗ (рисунок).

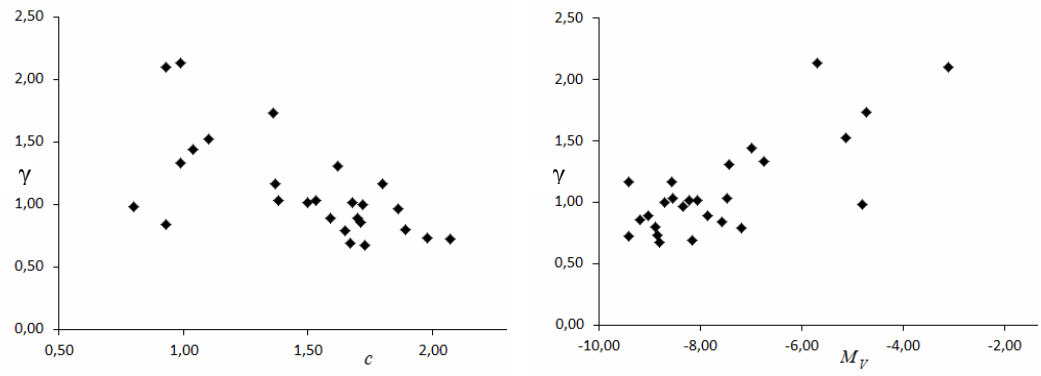


Рисунок. Зависимости степени концентрации γ от других характеристик ШСЗ

Расчеты коэффициента корреляции показывают, что степень концентрации γ имеет линейную зависимость с характеристиками ШСЗ. Поэтому нами методом наименьших квадратов были найдены соответствующие коэффициенты. Ниже мы приводим найденные нами основные зависимости. Коэффициент корреляции между степенью концентрации γ с параметром Кинга *c* равен -0.63 и имеет следующую линейную зависимость:

$$\gamma = 2.130(\pm 0.051) - 0.688(\pm 0.033)c \, .$$

Степень концентрации α также зависит от индекса богатства *IR* (коэффициент корреляции равен -0.74) и имеет следующий вид:

$$\gamma = 1.855(\pm 0.035) - 1.382(\pm 0.059)IR \, .$$

Интересно, что степень концентрации γ слабо зависит от классов Шепли-Сойера (коэффициент корреляции равен -0.43). Поэтому мы и не приводим здесь такую статистическую зависимость. Степень концентрации γ зависит еще от массы ШСЗ (коэффициент корреляции равен -0.68):

$$\gamma = 3.646(\pm 0.108) - 0.464(\pm 0.019)\lg M \, .$$

Также степень концентрации γ зависит и от абсолютной звездной величины ШСЗ и расстояния от центра Галактики. В обоих случаях коэффициент корреляции равен 0.76. Метод наименьших квадратов дал следующие зависимости:

$$\gamma = 2.501(\pm 0.047) + 0.184(\pm 0.006) M_V ,$$
$$\gamma = 1.865(\pm 0.013) + 0.008(\pm 0.0002) R_G .$$

Из этих соотношений мы можем сказать, что с удалением от центра Галактики значение степени концентрации увеличивается. С ростом значения массы скоплений степень концентрации уменьшается. С ростом абсолютной звездной величины скоплений увеличивается и значение степени концентрации. С увеличением степени богатства скоплений значение степени концентрации уменьшается. С увеличением значения концентрации Кинга степень концентрации уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.G. Surdin, Astron. Lett. **20**, 398 (1994).
2. K. Ashman, S. Zepf. Globular Cluster Systems (Cambridge, Cambridge University Press, 1998).
3. H. Shapley, H.B. Sawyer, Harvard Obs. Bull. **849**, 11 (1927).
4. P. Miocchi, B. Lanzoni, F.R. Ferraro, E. Dalessandro, E. Vesperini, M. Pasquato, G. Beccari, C. Pallanca, N. Sanna, The Astrophysical Journal **774**, Issue 2, 151 (2013).