

СПИРАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ГАЛАКТИКИ ПО НОВЕЙШИМ ДАННЫМ О РАССЕЯННЫХ ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЯХ

М. Г. Коротаева, М. Э. Попова
Уральский федеральный университет

На основе всех каталогов рассеянных скоплений, полученных по данным Gaia DR2 и EDR3, составлен сводный каталог РЗС. Получено частотное распределение возрастов скоплений. Определены параметры спиральной структуры диска Галактики: положения спиральных рукавов и углы наклона спиральной структуры.

SPIRAL STRUCTURE OF THE GALAXY ACCORDING TO THE LATEST OPEN CLUSTERS DATA

M. G. Korotaeva, M. E. Popova
Ural Federal University

We compiled a summary catalog of open clusters based on all catalogs of open clusters obtained from the Gaia DR2 and EDR3 data. The frequency distribution of cluster ages is obtained. The parameters of the Galactic disk spiral structure are determined: the positions of the spiral arms and the pitch angles of the spiral structure.

Введение

Рассеянные звездные скопления (РЗС) являются удобными источниками информации о структуре и истории диска Галактики, поскольку для них с хорошей точностью можно определить возраст и положение в диске. Они представляют собой однородные по составу группы звезд, образовавшиеся в результате одного акта звездообразования из одного и того же газопылевого облака, одного возраста и исходного химического состава и поэтому представляют собой идеальные лаборатории для изучения звездообразования, кинематики и динамики диска Галактики.

Выборка

Каталог точечных источников Gaia (DR2, EDR3 и DR3) на данный момент является самым глубоким и точным астрометрическим каталогом, поэтому именно он наиболее предпочтителен для определения и переопределения параметров РЗС. По данным Gaia был составлен каталог РЗС, включающий 2771 скопление, 2507 из которых имеют оценки возрастов. За основу взят каталог скоплений, представленный в работе [1]. Он был дополнен данными из работ [2–4]. Все каталоги были получены по данным каталога Gaia, данные являются однородными. Таким образом, расстояния до всех скоплений определялись методом тригонометрических параллаксов. Для сравнения каталогов и составления общего каталога использовалась программа TOPCAT [5]. По этой выборке (2507 РЗС) было построено частотное распределение скоплений по возрастам. Для исследования спиральной структуры Галактики были отобраны скопления с возрастом $\lg T < 7.5$, находящиеся на расстоянии не более 4 кпк от Солнца, как имеющие более надежные данные. В эту выборку вошли 462 скопления.

Частотное распределение рассеянных скоплений по возрастам

Мы рассмотрели частотное распределение РЗС по логарифму возраста $\lg T$. Распределение показано на рис. 1.

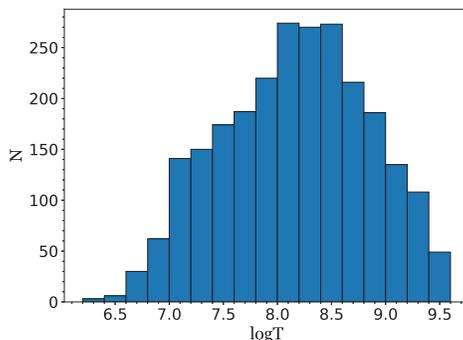


Рис. 1. Частотное распределение РЗС по логарифму возраста

Распределение имеет хорошо выраженный максимум $\lg T = 8.172 \pm 0.027$. Спадание распределения справа от максимума соответствует конечному времени жизни скоплений. Резкое спадание распределения слева, вероятнее всего, демонстрирует недостаточный учет самых молодых ИК-скоплений, не наблюдаемых в видимом диапазоне.

Определение параметров спиральной структуры

По данным РЗС сводного каталога мы определили некоторые геометрические параметры спиральной структуры: оценки расстояний от центра Галактики до спиральных рукавов для галактоцентрического угла $\theta = 0^\circ$ и углов наклона спиралей. Все оценки проводились на основе видимой спиральной структуры по молодым РЗС без анализа отдельных структурных элементов. Расстояние Солнца от центра Галактики R_0 принято равным 8.32 кпк [6].

По общепринятому мнению, отрезки спиральных рукавов Галактики хорошо описываются уравнением логарифмической спирали вида

$$R \sim \exp(\theta \times \operatorname{tg} i), \quad (1)$$

где R — галактоцентрическое расстояние; θ — галактоцентрический угол; i — угол наклона спирального рукава. В координатах θ — $\ln R$ отрезки спиральных рукавов превращаются в прямые линии.

Для определения положений отрезков спиральных ветвей в качестве количественного критерия было выбрано среднеквадратичное отклонение положений РЗС от прямой, параллельной отрезкам спиральных ветвей на графике θ — $\ln R$, проходящей весь диапазон расстояний с шагом 0.01.

При вычислении среднеквадратичного отклонения учитывались только те РЗС, которые не отклонялись от прямой более, чем на $\Delta \ln R = 0.1$ по абсолютному значению. При

перемещении прямой вдоль оси $\ln R$ среднее квадратичное отклонение являлось мерой близости скоплений к положению прямой в полосе шириной $\Delta \ln R$.

Для определения угла наклона спирального рукава одновременно с перемещением прямой вдоль всего диапазона расстояний мы изменяли углы наклона в диапазоне $10\text{--}30^\circ$ с шагом 5° .

На рис. 2 показана зависимость среднее квадратичного отклонения положений РЗС от логарифма расстояния $\sigma(\ln R)$ для соответствующих углов. Цифрами под кривыми показаны положения минимумов.

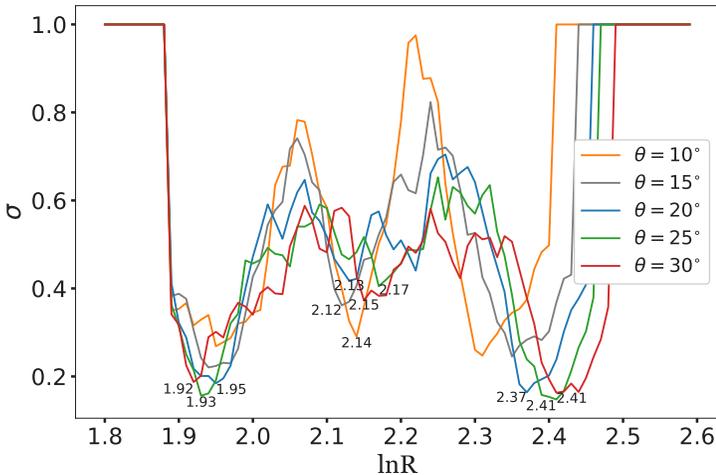


Рис. 2. Зависимость среднее квадратичного отклонения от логарифма расстояния для углов наклона спиральной структуры $10\text{--}30^\circ$

По результатам полученной зависимости $\sigma(\ln R)$ для каждого спирального рукава выбран угол наклона, соответствующий самому глубокому минимуму (сумма среднее квадратичных отклонений минимальна). Результаты представлены на рис. 3.

Результаты и заключение

На основе всех каталогов рассеянных скоплений, полученных по данным Gaia (DR2 и EDR3), составлен сводный каталог скоплений. По всем РЗС, имеющим оценки возраста, построено частотное распределение по логарифму возраста. Оно имеет хорошо выраженный максимум на $\lg T = 8.172 \pm 0.027$.

По данным о РЗС с возрастом $\lg T < 7.5$, получены оценки расстояний от центра Галактики до спиральных рукавов 6.91, 8.52 и 10.99 кпк для рукавов Киля – Стрельца, Ориона и Персея соответственно. Углы наклона для рукавов Киля – Стрельца и Персея совпадают и равны $i = 25^\circ$. Для рукава Ориона нельзя однозначно определить угол наклона, получено два заметно отличающихся результата: $i = 10^\circ$ и $i = 30^\circ$. Вероятно, вопрос о принадлежности рукава Ориона к глобальному спиральному узору еще нельзя считать решенным.

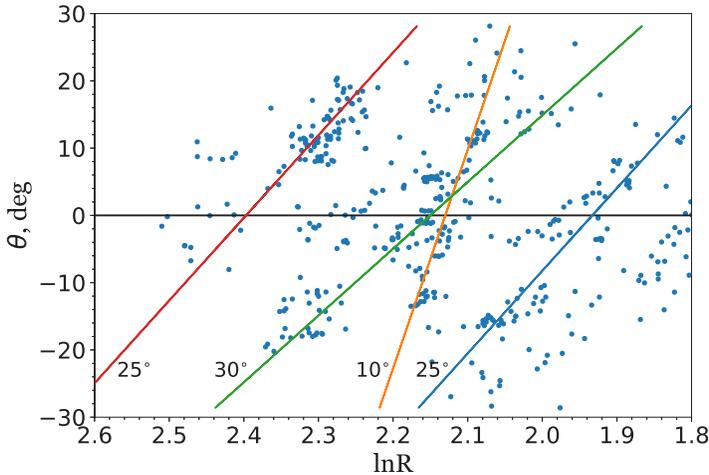


Рис. 3. Положения рассеянных скоплений и отрезков спиральных рукавов с полученными углами наклона

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема FEUZ-2023-0019.

Библиографические ссылки

- [1] *Cantat-Gaudin T., Anders F.* Clusters and mirages: cataloguing stellar aggregates in the Milky Way // *Astron. Astrophys.* — 2020. — Vol. 633. — P. A99. 1911.07075.
- [2] *Tarricq Y., Soubiran C., Casamiquela L. et al.* 3D kinematics and age distribution of the open cluster population // *Astron. Astrophys.* — 2021. — Vol. 647. — P. A19. 2012.04017.
- [3] *Castro-Ginard A., Jordi C., Luri X. et al.* Hunting for open clusters in Gaia EDR3: 628 new open clusters found with OCfinder // *Astron. Astrophys.* — 2022. — Vol. 661. — P. A118. 2111.01819.
- [4] *Spina L., Ting Y. S., de Silva G. M. et al.* VizieR Online Data Catalog: GALAH survey. Galactic disc with open clusters (Spina+, 2021) // *VizieR Online Data Catalog.* — 2021. — P. J/MNRAS/503/3279.
- [5] *Taylor M. B.* TOPCAT & STIL: Starlink Table/VOTable Processing Software // *Astronomical Data Analysis Software and Systems XIV: Astronomical Society of the Pacific Conference Series* / ed. by P. Shopbell, M. Britton, R. Ebert : Astronomical Society of the Pacific Conference Series. — 2005. — Vol. 347. — P. 29.
- [6] *Gillessen S., Plewa P. M., Eisenhauer F. et al.* An Update on Monitoring Stellar Orbits in the Galactic Center // *Astrophys. J.* — 2017. — Vol. 837, № 1. — P. 30. 1611.09144.