

Современная звездная астрономия – 2019

Исследование параметров спирального узора на основе
многополосной фотометрии

Мосенков А.В

Савченко С.С.

Марчук А.А.

САО, 2019 г.

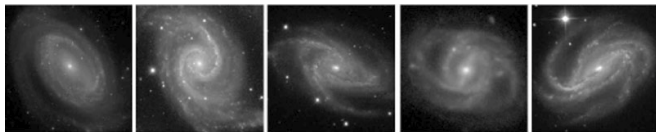
План доклада

- Введение; постановка задачи
- Описание метода
- Выборка галактик
- Предварительные результаты
- Заключение

Введение

- 70-75% некарликовых галактик в ближней Вселенной спиральные (Conselice 2006; GalaxyZoo)
- Основные типы спиралей – grand design, multi-armed, flocculent (Elmegreen 1992)
- Все эти типы спиралей могут наблюдаться в галактиках с баром или без
- 60% всех спиралей демонстрируют grand design хотя бы во внутренней области (Elmegreen & Elmegreen 1982; Grosbol, Patsis & Pompei 2004; GalaxyZoo)
- Почти все спирали – отстающие (trailing)
- Наблюдается весьма широкое разнообразие спирального узора даже в рамках одного типа (Buta 2011)

Введение



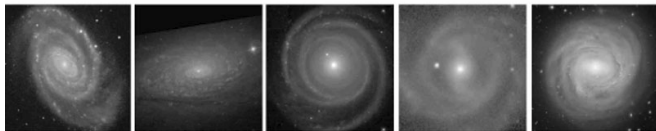
m=1

m=2

m=3

m=4

m=5



grand
design

flocculent

counter-
winding
SA

counter-
winding
SB

anemic

Как объяснить существование спирального узора в галактиках при всем его многообразии?

Предложенные механизмы генерации спиралей

- Квазистационарная теория волн плотности (Lin & Shu 1964; Bertin & Lin 1996 etc.)
- Свинговое усиление (Goldreich & Lynden-Bell 1965; Julian & Toomre 1966; Goldreich & Tremaine 1978; Toomre 1981), динамические рукава (Sellwood & Carlberg 1984)
- За счет приливных взаимодействий (Toomre 1969; Meidt et al. 2013)
- Бар (Manifold theory, Patsis 2006; Athanassoula et al. 2009, 2010)
- Асимметрия в распределении профиля темного гала (Khoperskov et al. 2013) и приливные возмущения от темных субгал (Tutukov & Fedorova 2006; Dubinski et al. 2008)
- И др.

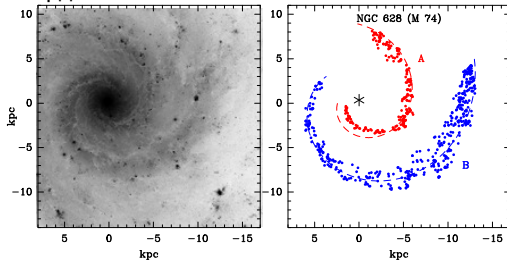
Введение

Результаты фотометрического анализа спиральных галактик:

- Структурные параметры
 - Параметры балджа (параметр Серсика, эффективный радиус, эффективная поверхностная яркость)
 - Параметры диска (экспоненциальный масштаб, центральная поверхностная яркость)
 - Производные параметры (соотношение балдж/диск, цвета и т.д.)
- Параметры спирального узора
 - Число спиралей
 - Морфология спиралей (grand design, multiarm, flocculent)
 - Угол закрутки
 - Контраст спиралей (arm/interarm)
 - Цвет спиралей
 - Ширина спиральных ветвей

Ширина спиральных ветвей

Honig, Reid (2015): ширина спиралей для четырех галактик по координатам областей HII.

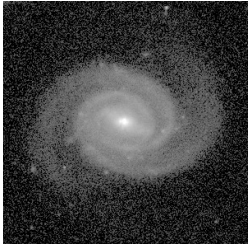


В работе Reid et al. (2014) представлены аналогичные измерения для Галактики.

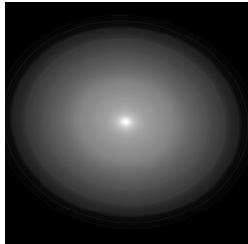
Цель данной работы: определить основные (в т.ч. ранее практически не рассмотренные) параметры спиральных ветвей статистически значимой выборки галактик на основе оптических изображений. Выявить наблюдательное различие у разных механизмов генерации спирального узора.

Метод: подготовка изображений

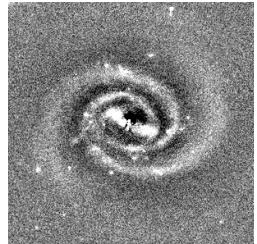
PGC2182



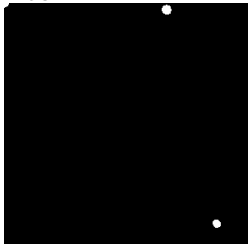
Model



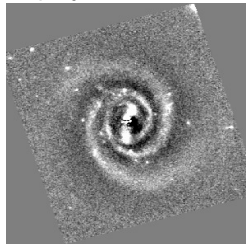
Difference



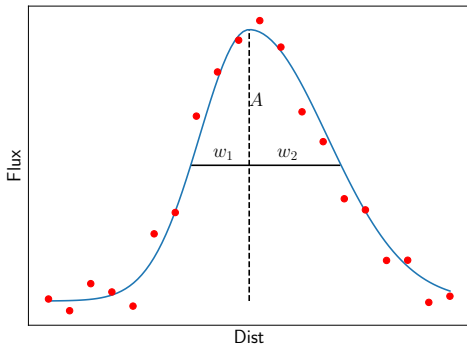
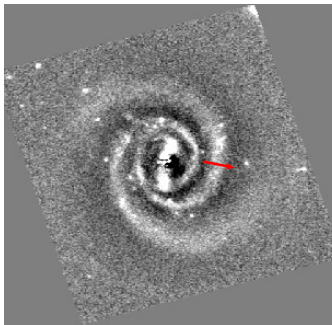
Mask



Deprojected



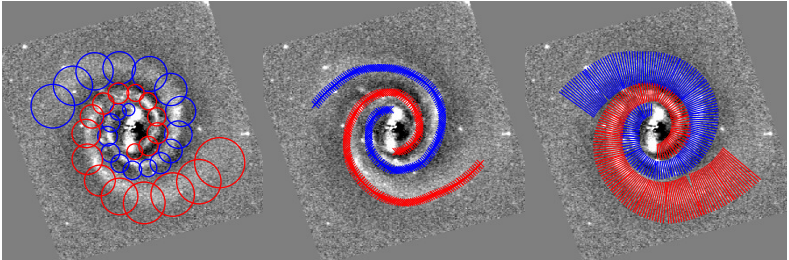
Метод: срезы



$$I_{\text{model}}(r) = A \times \begin{cases} \exp\left(-\frac{[r-r_{\text{peak}}]^2}{w_1^2}\right), & r < r_{\text{peak}} \\ \exp\left(-\frac{[r-r_{\text{peak}}]^2}{w_2^2}\right), & r > r_{\text{peak}} \end{cases}$$

$$I_{\text{obs}} = I_{\text{model}} * \text{PSF}$$

Метод: срезы



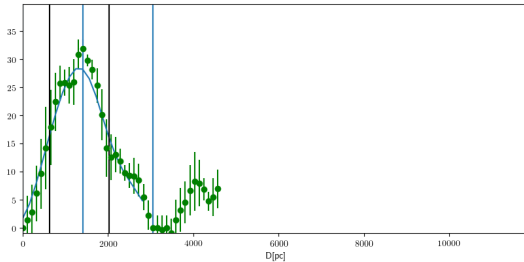
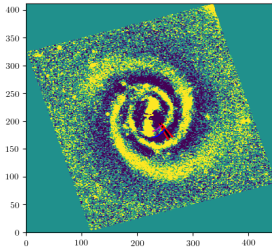
Логарифмическая спираль:

$$r(\phi) = r_0 \cdot e^{\tan \mu (\phi - \phi_0)}$$

Перпендикуляр:

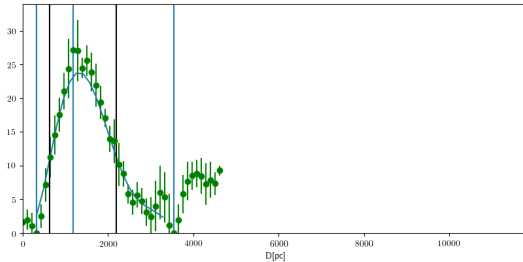
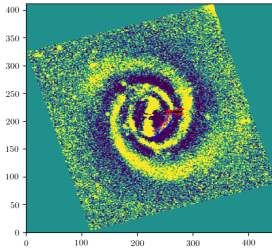
$$\xi(\phi) = -\frac{\tan \mu \cos \phi - \sin \phi}{\tan \mu \sin \phi + \cos \phi}$$

Метод: пример работы



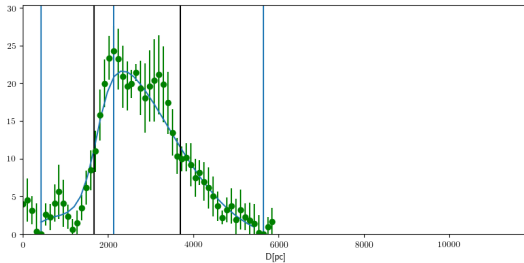
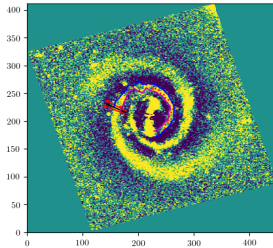
<http://vo.astro.spbu.ru/?q=node/126>

Метод: пример работы



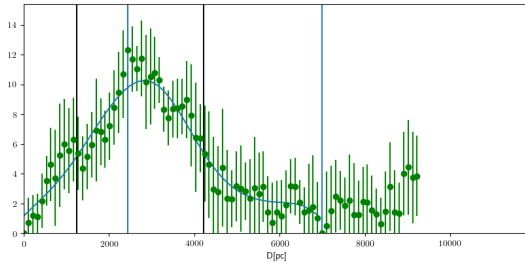
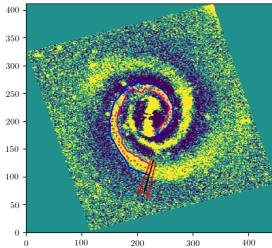
<http://vo.astro.spbu.ru/?q=node/126>

Метод: пример работы



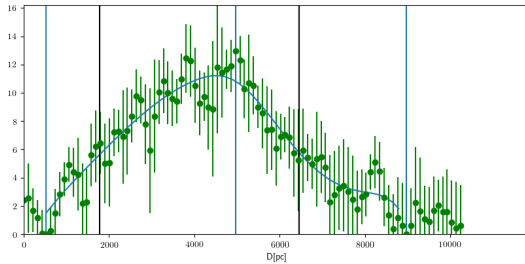
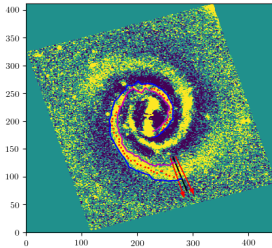
<http://vo.astro.spbu.ru/?q=node/126>

Метод: пример работы



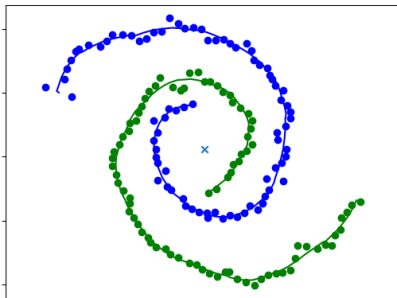
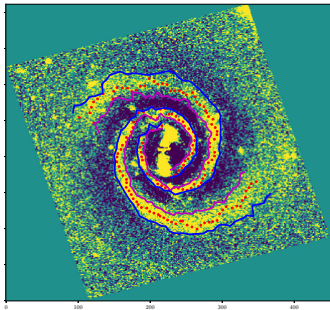
<http://vo.astro.spbu.ru/?q=node/126>

Метод: пример работы



<http://vo.astro.spbu.ru/?q=node/126>

Результаты работы: положение спиралей



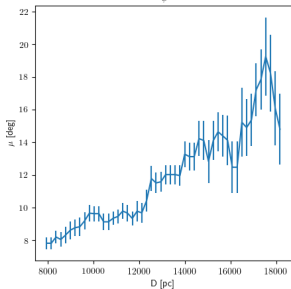
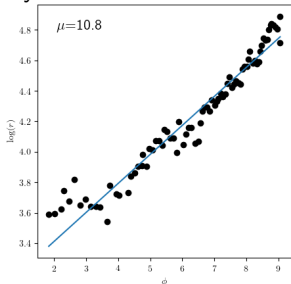
↑↑ сглаженные спирали



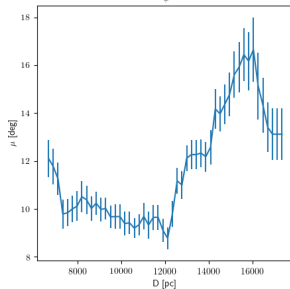
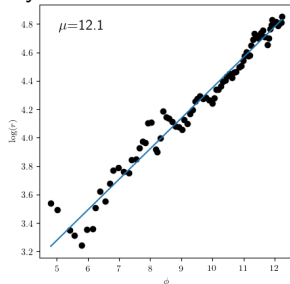
⇐ маска спирального узора

Результаты работы: углы закрутки

Рукав А

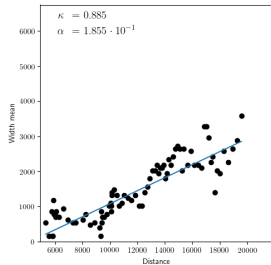
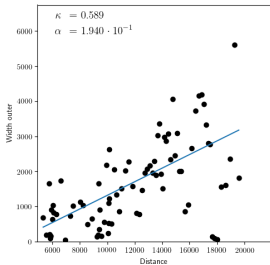
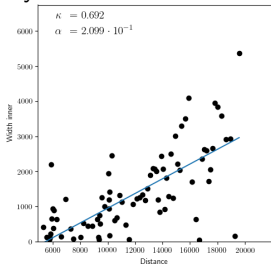


Рукав В

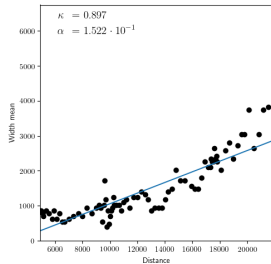
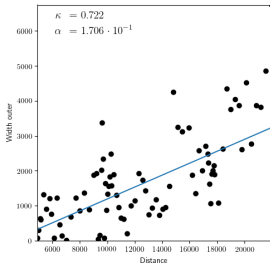
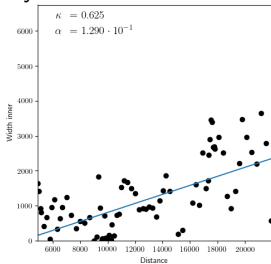


Результаты: ширина спирального узора

Рукав А



Рукав В



Выборка галактик

Отобрано 155 (первоначально 176) галактик из обзора SDSS в полосах g , r , i :

35 grand-design:



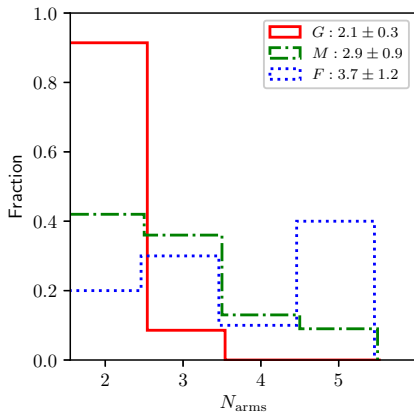
100 multiarm:



20 fluculent:

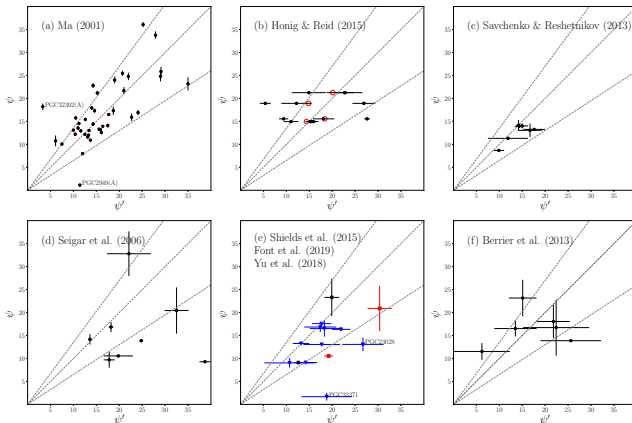


Результаты: количество рукавов



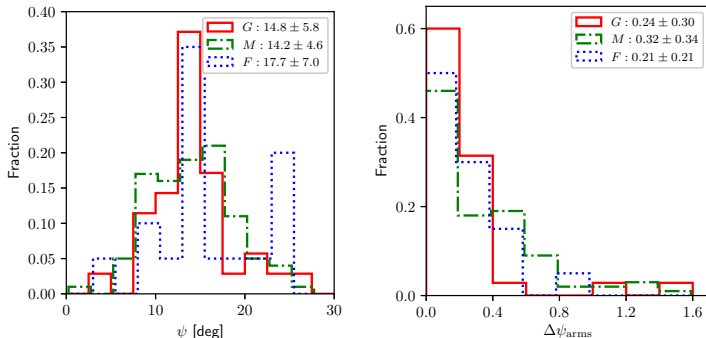
Grand-design галактики почти всегда имеют два рукава,
Multiarm - два, три и более, Floculent - три и более.

Результаты: сравнение с другими работами



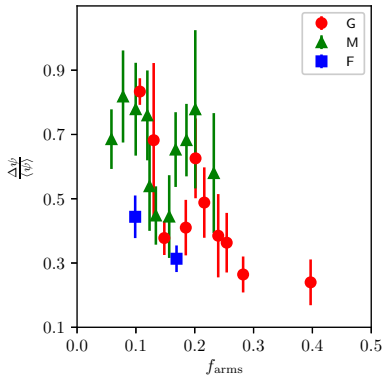
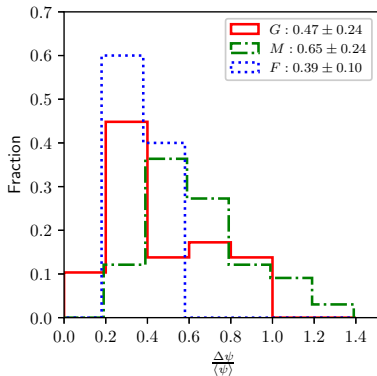
В целом, сравнение углов закрутки по другим работам удовлетворительное.

Результаты: угол закрутки и его вариация



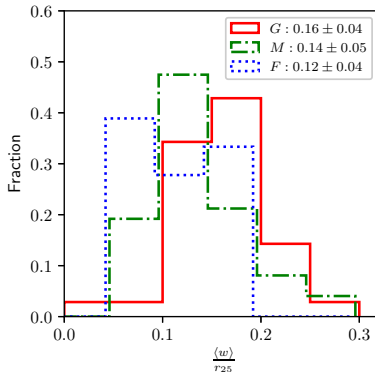
Различие углов закрутки для разных классов спиралей не значимо. У Grand-design галактик отдельные спирали имеют меньшее различие в углах закрутки, чем у других галактик (M, F).

Результаты: вариация углов закрутки с расстоянием



Галактики с более яркими спиралями показывают меньшую вариацию углов закрутки. При этом наименьшую вариацию демонстрируют F-спирали, а наибольшую - мультирукавные галактики.

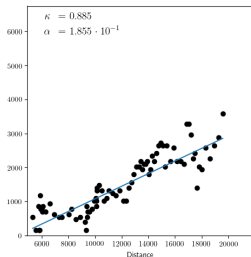
Результаты: ширина спиралей



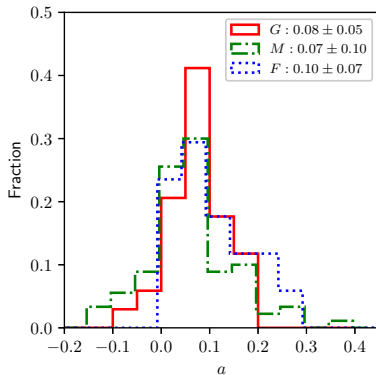
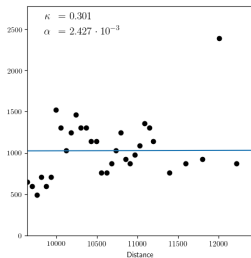
G-спирали имеют наибольшую ширину, F-спирали - наименьшую.

Результаты: ширины спиралей

PGC2182



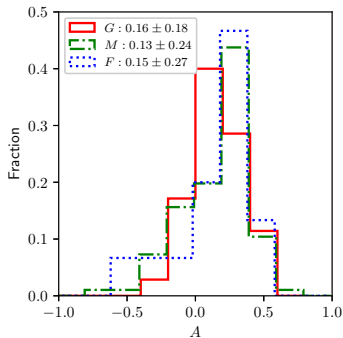
PGC2949



- У большинства спиралей ширина увеличивается по мере удаления от центра галактики

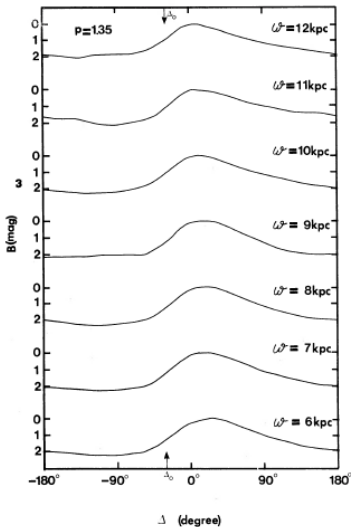
Результаты: асимметрия спиралей

$$A = \frac{w_2 - w_1}{w_2}$$

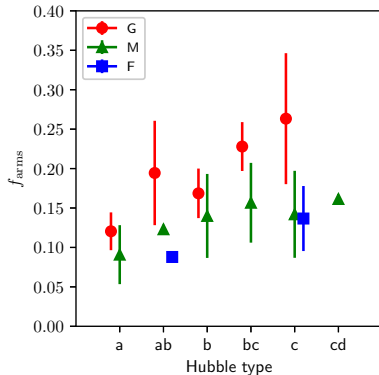
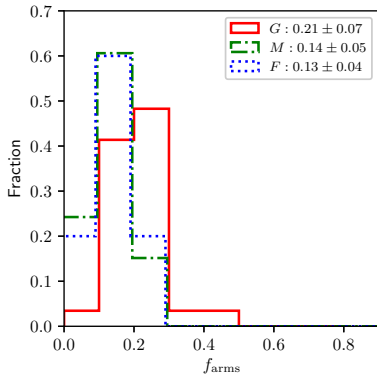


Y&G 1981: "...the surface brightness profiles are ... quite symmetric, although with a longer tail in the direction of the rotation..."

Yuan & Grosbol 1981

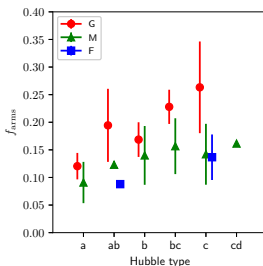
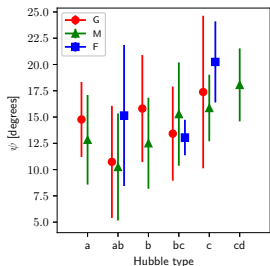


Результаты: вклад спирального узора

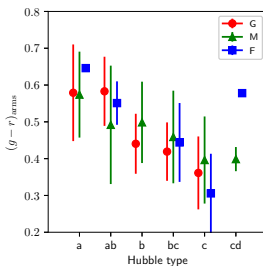


G-спирали имеют наибольший вклад в полную светимость галактики, причем этот вклад растет при переходе от ранних к поздним спиральям.

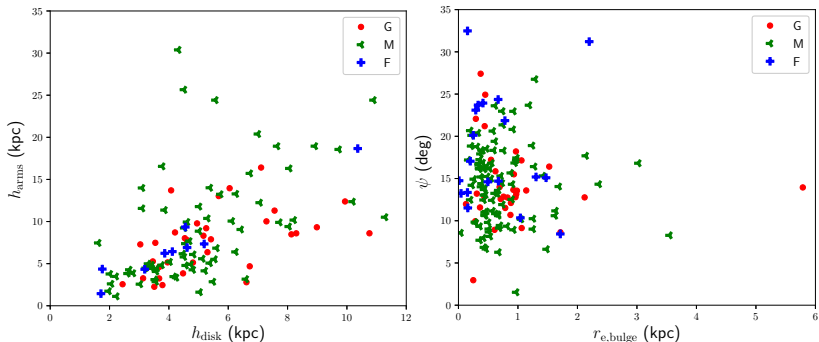
Результаты: зависимость параметров спиралей от типа галактики



- Углы закрутки могут сильно варьироваться в пределах типа
- При переходе к поздним типам вклад спиралей растет, а сами спирали голубеют



Результаты: спирали и звездные компоненты



F-спирали демонстрируют сильную корреляцию между их экспоненциальным масштабом и масштабом звездного диска. Для всех спиралей масштаб спиралей в 1.5-2 раза больше, чем масштаб диска. Угол закрутки HE связан с размером балджа.

Заключение

- Предложен метод, позволяющий определить большой набор параметров спирального узора (угол закрутки, ширина спиралей, вклад спиралей в светимость галактики, цвет спиралей и др.)
- Работа метода продемонстрирована на выборке из 155 галактик из обзора SDSS
- Приведены примеры полученных распределений и корреляций параметров галактик выборки
- Полученные результаты хоть и свидетельствуют о наблюдательном различии между спиральями разных классов, но это различие не выглядит существенным
- Работа выполнялась при поддержке гранта РФФИ 18-32-00194 мол_а.

Спасибо за внимание!