

---

Българска Академия на Науките  
Институт по Астрономия  
с Национална Астрономическа Обсерватория

---

Морфологична характеристика на избрани  
Сийфърт галактики и сравнителен  
анализ с извадка от неактивни галактики

Люба Стоянова Славчева-Михова

АВТОРЕФЕРАТ на ДИСЕРТАЦИЯ  
за  
присъждане на образователната и научна степен “доктор”

Научна специалност:  
01.04.02 Астрофизика и звездна астрономия

София, 2011 г.

Защитата на дисертационния труд ще се проведе на .....2011 г. от .....ч. в зала ..... на ....., бул. "Цариградско шосе" 72. Електронно копие на дисертационния труд може да бъде намерено на адрес <http://www.astro.bas.bg/~lslav/>.

---

Българска Академия на Науките  
Институт по Астрономия  
с Национална Астрономическа Обсерватория

---

Морфологична характеристика на избрани  
Сийфърт галактики и сравнителен  
анализ с извадка от неактивни галактики

Люба Стоянова Славчева-Михова

АВТОРЕФЕРАТ на ДИСЕРТАЦИЯ  
за  
присъждане на образователната и научна степен “доктор”

Научна специалност:  
01.04.02 Астрофизика и звездна астрономия

Научен ръководител:  
доц. д-р Георги Петров

София, 2011 г.

Дисертационният труд съдържа 126 страници, включващи 69 фигури, 9 таблици и 384 цитирани заглавия. Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита на Научния семинар на Института по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, проведен на 2 май 2011 г. Дисертантът работи като физик в Института по астрономия с Национална астрономическа обсерватория, отдел Галактики и космология. Основна част от наблюденията, обект на анализ в дисертационния труд, е проведена в Национална астрономическа обсерватория “Рожен”.

---

## Съдържание

1. Механизми на захранване на Сийфърт ядрата	1
2. Цели и структура на дисертационния труд	2
3. Дефиниране на извадки, наблюдения и първична обработка	3
4. Повърхностна фотометрия	7
5. Привеждане към стандартна система	10
6. Локално обкръжение	10
7. Коментари на индивидуалните Сийфърт галактики	11
8. Дискусия	17
9. Резултати, заключение и научни приноси	26
10. Публикации	27
Библиография	30
Abstract	32

## Глава 1. Механизми на захранване на Сийфърт ядрата

Активните галактични ядра (AGN) са най-ярките, и същевременно най-далечните, обекти, които могат да се наблюдават във Вселената. Съгласно една от най-точните дефиниции активно е това галактично ядро, което показва признаци за акреция върху свръхмасивна черна дупка (SMBH;  $M_{\text{bh}} > 10^6 M_{\odot}$ ). Наблюдаваните типични светимости ( $10^{43}$ - $10^{44}$ / $10^{47}$ - $10^{48}$  ergs  $s^{-1}$  за Сийфърт ядра/квазари) се обясняват с акреция на материя (с типични темпове на акреция  $10^{-3}$ - $10^{-2}$ / $10$ - $100 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$  за Сийфърт (Sy) ядра/квазари) посредством акреционен диск. Първата наблюдавана активна галактика е NGC 1068. Всъщност тя принадлежи към класа Sy галактики. Оригиналната дефиниция на Sy галактиките е: галактики с изключително ярки ядра и емисионни линии, забележимо по-широки от абсорбционните линии на нормалните галактики, обхващащи голям диапазон от степени на йонизация. Абсолютната звездна величина в  $B$   $M_B = -23$  е условната граница между квазарите и Sy ядрата. Sy ядрата се делят на Sy 1 и Sy 2 в зависимост от ширината на емисионните линии; въведени са и междинни типове. Съгласно Обединения Модел активните ядра имат еднаква структура и разликата между различните типове се дължи на различната ориентация спрямо наблюдателя.

Специфичният ъглов момент на материята на последната стабилна орбита на SMBH с маса  $M_8 \times 10^8 M_{\odot}$  (където  $M_8$  е масата в единици  $10^8 M_{\odot}$ ) е от порядъка на  $10^{24} M_8 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ , а на радиус 10 крс е от порядъка на  $10^{29} M_8 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ . Така, ъгловият момент на материята на радиус от няколко крс трябва да се намали повече от  $10^4$  пъти преди да може да послужи за гориво на ядрената активност. Търсенето на такива механизми е сред целите на съвременното изследване на активните ядра. Дори на радиус от 200 рс ъгловият момент е все още около 1000 пъти по-голям от нужното и това е много по-голям проблем от количеството наличен газ. Например, в случая на Sy ядро с темп на акреция  $\approx 10^{-2} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$  и период на активност (duty cycle)  $10^8$  yr, газов облак с маса  $10^6 M_{\odot}$  може да е достатъчно гориво. Такива облаци са типични в рамките на централните 200 рс на спиралните галактики; нужен е процес, който драстично да намали ъгловия момент (Jogee 2006). За да минимизира пълната си енергия, галактиката се стреми да концентрира масата си в центъра и да прехвърли ъгловия момент навън. Гравитационните усукващи моменти, динамичното триене, вискозните и хидродинамичните усукващи моменти са някои от механизмите, които могат да отнемат ъглов момент от газа и да го пренесат в по-централни области на галактиката, като по този начин спомогнат за захранване на ядрената активност. Тези механизми имат различна относителна важност в зависимост от светимостта на ядрата, участието на галактиките във взаимодействия и разстоянието на материята от галактичния център. Сливането със съизмерими по маса галактики обяснява високите темпове на акреция на ярките квазари; с намаляване темпа на акреция и разстоянията от центъра на галактиката стават все повече ефикасните механизми (напр. динамично триене, вискозни усукващи моменти). За типичните Sy светимости баровете, взаимодействията и сливането с по-малки галактики са съществени.

Числени симулации показват, че тези механизми са в състояние да породят газови потоци към централните области (напр. [Hernquist & Mihos 1995](#)). В случая на баровете газът може да бъде пренесен до централния килопарсек и са нужни допълнителни механизми като ядрени барове и прахови спирали, които да пренесат газа до обхвата на централния източник. Главният механизъм на пренос на ъглов момент са усукващите моменти, които барът упражнява върху материята в диска. Едни от най-ефективните механизми за генериране на газови потоци към центъра на скали  $\approx 100 - 200$  pc са вискозните усукващи моменти ([García-Burillo et al. 2005](#)).

Гравитационният усукващ момент (на единица маса),  $\tau$ , описва скоростта на промяна на ъгловия момент и се дефинира като:

$$\tau = r \times F, \quad (1)$$

където  $r$  е радиус-векторът на частицата, а  $F$  е силата, действаща на единица маса.

Баровете обуславят резонанси, най-важните от които са резонанс на коротация, външен резонанс на Линдблад и вътрешен резонанс на Линдблад. Те често се трасират от пръстени (виж обзора на [Buta & Combes 1996](#)). Силата на бара може да се дефинира като отношението на максималната тангенциална сила към средната радиална сила. Така, силата на бара зависи основно от елиптичността на бара, но и от неговата маса и наличието на масивен бълдж. В хода на секулярната еволюция баровете могат да се саморазрушат ([Bournaud et al. 2005](#)).

Преобладаващо е мнението, че честотата на срещане на барове ([Laurikainen et al. 2004a](#)), спътници ([Schmitt 2004](#)), сливане с малки галактики ([Corbin 2000](#)), вторични барове и ядрени прахови спирали е сходна в Sy и неактивните галактики. Има поддръжници и на тезата, че в Sy галактиките преобладават барове ([Laine et al. 2002](#)), спътници, външни пръстени ([Hunt & Malkan 1999](#)) и околоядрен прах ([Simões Lopes et al. 2007](#)). Докладвани са и повече спътници в Sy 2 спрямо Sy 1 галактиките ([Schmitt 2004](#), както и библиографията там). Сливането с малки галактики дори е предложено като универсален механизъм за образуване на Sy галактики.

## Глава 2. Цели и структура на дисертационния труд

Основна цел на настоящия труд е анализ на индикациите за наличие на осевоасиметрични пертурбации на потенциала на избрани Sy галактики и на контролна извадка неактивни галактики посредством анализ на морфологията и локалното им обкръжение. Доколкото това изследване е част от по-голям проект, включващ и корелация между структурните параметри (главно резултат от декомпозиция), вкл. “маса на SMBH – светимост на бълджа” на активните галактики, другата поставена задача –

детайлна морфологична характеристика на *Su* галактиките, е в контекста на търсене на механизми на хранване на ядрената активност, прецизно определяне на морфологичния тип и детайлна структурна декомпозиция.

Съдържанието на дисертационния труд е разпределено в девет глави. *Първа глава* представлява въведение в проблематиката; *втора глава* описва дефинирането на извадките, наблюденията и обработката. Стъпките на повърхностната фотометрия са проследени в *трета глава*, а привеждането към стандартна система – в *четвърта глава*. Локалното обкръжение на галактиките е описано в *пета глава*; отделните *Su* галактики са коментирани в *шеста глава*. Резултатите са дискутирани в *седма глава*, а заключението е формулирано в *осма глава*. Публикациите на автора са представени в *девета глава*. *Приложението* съдържа контурни карти и профили на *Su* галактиките. Накрая е дадено резюме на английски език.

## Глава 3. Дефиниране на извадките, наблюдения и първична обработка

### 3.1 Дефиниране на извадките

Подбрани са *Su* галактики с маси на черните дупки, определени по метода “reverberation mapping”, дадени от [Ho \(1999\)](#) и актуализирани от [Peterson et al. \(2004\)](#), както и относително слабо изучени *Su* галактики в контекста на морфологична характеристика и многокомпонентна структурна декомпозиция от [Véron-Cetty & Véron \(1998\)](#), върху които са наложени следните ограничения:

- червено отместване  $z < 0.1$ , за да е налице пространствено разрешение, подходящо за надеждна морфологична характеристика и многокомпонентна декомпозиция;
- изофотален (на  $25 B \text{ mag arcsec}^{-2}$ ) диаметър, по-голям от  $20''$ , т.е., добре разрешени родителски галактики;
- наклон  $i < 70^\circ$ , за да се избегнат силно наклонени галактики, при които търсените структури се извяват трудно;
- подходящи за наблюдение на Националната Астрономическа Обсерватория (НАО) Рожен, България.

*Su* извадката се състои от 35 галактики. Подбрана е контролна извадка от неактивни галактики от CfARS (Center for Astrophysics Redshift Survey) с цел да се сравнят морфологията и близката им околност. За всяка *Su* галактика е подбрана съответна



Таблица 1: Информация за извадките от Sy и неактивни галактики.

Sy галактика	$z^{\text{NED}}$	$Sy^{\text{NED}}$	Неактивна галактика	Източник <sup>a</sup>	Телескоп <sup>a</sup>
Mrk 335	0.025785 ( 63)	1.2	IC 5017	ESO	VLT-U4
III Zw 2	0.089338	1.2	2MASX J01505708+0014040	SDSS	2.5-m
Mrk 348	0.015034 ( 13)	2	NGC 2144	DSS+E	STs
I Zw 1	0.061142 ( 67)	1	ESO 155– G 027	DSS+E	STs
Mrk 352	0.014864 ( 20)	1	2MASX J04363658–0250350	NED	CFHT
Mrk 573	0.017179 ( 37)	2	ESO 542– G 015	SDSS	2.5-m
Mrk 590	0.026385 ( 40)	1.2	NGC 4186	SDSS	2.5-m
Mrk 595	0.026982 ( 80)	1.5	2MASX J00342513–0735582	NED	CFHT
3C 120	0.033010 ( 30)	1	ESO 202– G 001	DSS+E	STs
Ark 120	0.032713 ( 57)	1	IC 5065	ESO	3.6-m
Mrk 376	0.055980 ( 23)	1.5	ESO 545– G 036	ESO	Dutch
Mrk 79	0.022189 ( 27)	1.2	ESO 340– G 036	DSS+E	STs
Mrk 382	0.033687 ( 53)	1	ESO 268– G 032	DSS+E	STs
NGC 3227	0.003859 ( 10)	1.5	IC 5240	ESO	NTT
NGC 3516	0.008836 ( 23)	1.5	ESO 183– G 030	ESO	2.2-m
NGC 4051	0.002336 ( 4)	1.5	IC 1993	ESO	3.6-m
NGC 4151	0.003319 ( 10)	1.5	NGC 2775	SDSS	2.5-m
Mrk 766	0.012929 ( 53)	1.5	UGC 6520	SDSS	2.5-m
Mrk 771	0.063010 (153)	1	ESO 349– G 011	DSS+E	STs
NGC 4593	0.009000 (127)	1	NGC 4902	NED	CTIO 0.9-m
Mrk 279	0.030451 ( 83)	1.5	ESO 324– G 003	DSS+E	STs
NGC 5548	0.017175 ( 23)	1.5	NGC 466	DSS+E	STs
Ark 479	0.019664 (133)	2	ESO 297– G 027	ESO	NTT
Mrk 506	0.043030 ( 40)	1.5	ESO 510– G 048	DSS+E	STs
3C 382	0.057870 (160)	1	ESO 292– G 022	DSS+E	STs
3C 390.3	0.056100	1	ESO 249– G 009	DSS+E	STs
NGC 6814	0.005214 ( 7)	1.5	NGC 7421	ING	JKT, WHT
Mrk 509	0.034397 ( 40)	1.2	ESO 147– G 013	DSS+E	STs
Mrk 1513	0.062977 (100)	1	2MASX J14595983+2046121	SDSS	2.5-m
Mrk 304	0.065762 ( 27)	1	ESO 292– G 007	DSS+E	STs
Ark 564	0.024684 ( 67)	1.8	ESO 552– G 053	DSS+E	STs
NGC 7469	0.016317 ( 7)	1.2	NGC 897	DSS <sup>b</sup> +E	STs
Mrk 315	0.038870 ( 83)	1.5	ESO 423– G 016	DSS+E	STs
NGC 7603	0.029524 ( 73)	1.5	ESO 113– G 050	DSS+E	STs
Mrk 541	0.039427 ( 40)	1	UGC 9532 NED04	SDSS	2.5-m

<sup>a</sup> Виж Гл. 3.2.2. <sup>b</sup> Не са налични оптически данни от DSS II.

неактивна галактика с най-близки стойности на параметрите  $T$ , радиална хелиоцентрична скорост  $V_r$ , абсолютна звездна величина в  $B$ ,  $M_{\text{abs}}^B$ , и елиптичност,  $\epsilon$ . За две от най-далечните Sy галактики (III Zw 2 и Mrk 1513) не бяха намерени подходящи неактивни галактики в CfARS и затова техните контролни галактики бяха подбрани от SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Неактивните галактики са подбирани с около половин звездна величина по-слаби от Sy галактиките, за да се компенсират влиянието на активното ядро – т.е. неактивна галактика с  $M_{\text{abs}}^B$  е подбирана за контролна на Sy галактика с  $M_{\text{abs}}^B + 0^m.5$ . Стойността  $0^m.5$  е средна и е базирана на предварителните ни резултати за приноса на активното ядро към пълните звездни величини на Sy галактиките (Mihov & Slavcheva-Mihova 2011). Медианните стойности на параметрите на подбор за Sy/неактивната извадка са  $T = 0/0$ ,  $V_r = 8089/7934 \text{ km s}^{-1}$ ,  $M_{\text{abs}}^B = -20^m.88/-21^m.03$  и  $\epsilon = 0.19/0.20$ .

Основна информация за галактиките е дадена в Табл. 1. Морфологичните особености на извадките са описани в Табл. 2 и 3. Морфологичният тип е взет от RC3 (Third Reference Catalogue of Bright Galaxies). Ако в RC3 няма класификация или тя е неточна, вземаме морфологичния тип, даден в NED<sup>1</sup> (NASA/IPAC Extragalactic Database); ако и там няма класификация, вземаме посочената в HyperLeda<sup>2</sup> или SIMBAD<sup>3</sup>.

## 3.2 Наблюдения

### 3.2.1 Sy галактики

Наблюденията са проведени в периода 1997 г. – 2008 г. на 2-м Ричи-Кретиен телескоп на НАО Рожен с  $1024 \times 1024$  CCD камера Photometrics AT200 или  $1340 \times 1300$  Princeton Instruments VersArray:1300B CCD camera. Две от галактиките са наблюдавани с 2-канален фокален редуктор и  $512 \times 512$  Princeton Instruments VersArray:512B CCD камера. Използвани са стандартни Johnson-Cousins  $BVR_CI_C$  филтри. За три от галактиките (Ark 120, NGC 4051 и Mrk 771) са ползвани архивни данни от JKT (Jacobus Kapteyn Telescope) и CFHT (Canada France Hawaii Telescope). Редовно са получавани кадри с “нулево” време на експонация за корекция на офсетния сигнал и кадри в  $I_C$  с минимален брой обекти в тях за създаване на изображение на интерференчната структура (виж Гл. 3.3). Плоски полета са получавани в сутрешния и/или вечерния полумрак. Изображения на стандартни полета са получавани два-три пъти на нощ; изследваните галактики са наблюдавани в същия диапазон на въздушната маса.

<sup>1</sup><http://nedwww.ipac.caltech.edu>

<sup>2</sup><http://leda.univ-lyon1.fr>

<sup>3</sup><http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

### 3.2.2 Неактивни галактики

Неактивната извадка е базирана на архивни данни (Табл. 1). За около половината галактики са ползвани CCD данни от архивите на SDSS, ESO (European Southern Observatory), NED и ING (Isaac Newton Group of Telescopes). Ползваните телескопи са VLT-U4 (Very Large Telescope Unit 4), CFHT, NTT (New Technology Telescope), 0.9-m телескоп на CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory), JKT, WHT (William Herschel Telescope) и 2.5-m телескоп на Apache Point Observatory в Ню Мексико. Обработката на фотометричните данни е автоматизирана. Първичната обработка на данните от архивите на ING и ESO е извършена както е описано по-долу. Данните, взети чрез NED, са обработени от съответните автори. За останалите галактики са ползвани данни от DSSI, II (Digitized Palomar Observatory Sky Survey I, II) и дигитализирания ESO-Uppsala Survey, означени общо като DSS+E в Табл. 1. Schmidt телескопите, с които са получени горните два обзора са означени в таблицата като STs. Последващата обработка, описана по-долу, се отнася и за двете извадки, докато привездането към стандартна фотометрична система касае Sy галактиките.

### 3.3 Първична обработка

Първичната обработка на данните, извършена с пакета MIDAS<sup>4</sup> на ESO, включва корекция за офсетен сигнал, за плоско поле, за космически частици и лоши пиксели и за наличието на интерференчна структура. Отделните изображения на даден обект са съвместени спрямо изображението с най-високо отношение сигнал/шум (S/N) - обикновено  $R_C$ .

Определяме двумерната функция на разсейване на точка (point spread function, PSF) на всяко изображение аналитично от избрани ярки изолирани звезди в линейния диапазон на CCD камерата. Като апроксимираме с 2-мерен (2D) Мофат профил и усредним тегловно пълната ширина на половин максимум (full width at half maximum, FWHM) и степенните показатели,  $\beta$ , на отделните филтове, получаваме параметрите на 2D Мофат профил за всеки филтър.

$\text{FWHM}^5/\beta$  варират между 0.56/2.32 и 3.57/9.40 с медианно 1.55/3.43, ако се вземат предвид всички наблюдателни сетове и между 0.56/2.32 и 3.16/9.40 с медианно 1.41/3.52, ако за всяка галактика се има предвид нощта с най-добро изображение.

<sup>4</sup>Munich Image Data Analysis System

<sup>5</sup>Имат се предвид минималните FWHM (по всички филтри).

## Глава 4. Повърхностна фотометрия

### 4.1 Адаптивна филтрация

Адаптивната филтрация е ефикасен похват за увеличаване на  $S/N$ . Процедурата ползва  $H$ -трансформации за определяне на локалното  $S/N$  във всяка точка на изображението като функция на разрешението и определя размера на отговора на импулса на филтъра в тази точка. В области на високо  $S/N$  размерът на отговора на импулса е малък и обратно, в резултат на което частите от галактиката с по-голяма/малка яркост са почти непроменени/силно променени (Vennik et al. 2000). За онагледяване на изглаждащото действие на адаптивния филтър, го съпоставяме с това на три често ползвани филтри - медианен, пълзящо средно, и Гаусианен (Slavcheva-Mihova et al. 2006). За целта разглеждаме профили на SB, независимо изгладени от тези четири филтъра. Сравняването на профилите на ниски нива показва, че най-силно действие има адаптивният филтър. В централните области адаптивният филтър стриктно следва стойностите на SB и оставя структурите там непроменени. Останалите филтри преразпределят потока, като влошават разрешението. Така, главните преимущества на адаптивния филтър са, че не действа върху ярките структури в галактиките и силно изглажда слабите области и фона, в резултат на което периферните области могат да бъдат по-добре проследени и  $S/N$  там се усилва.

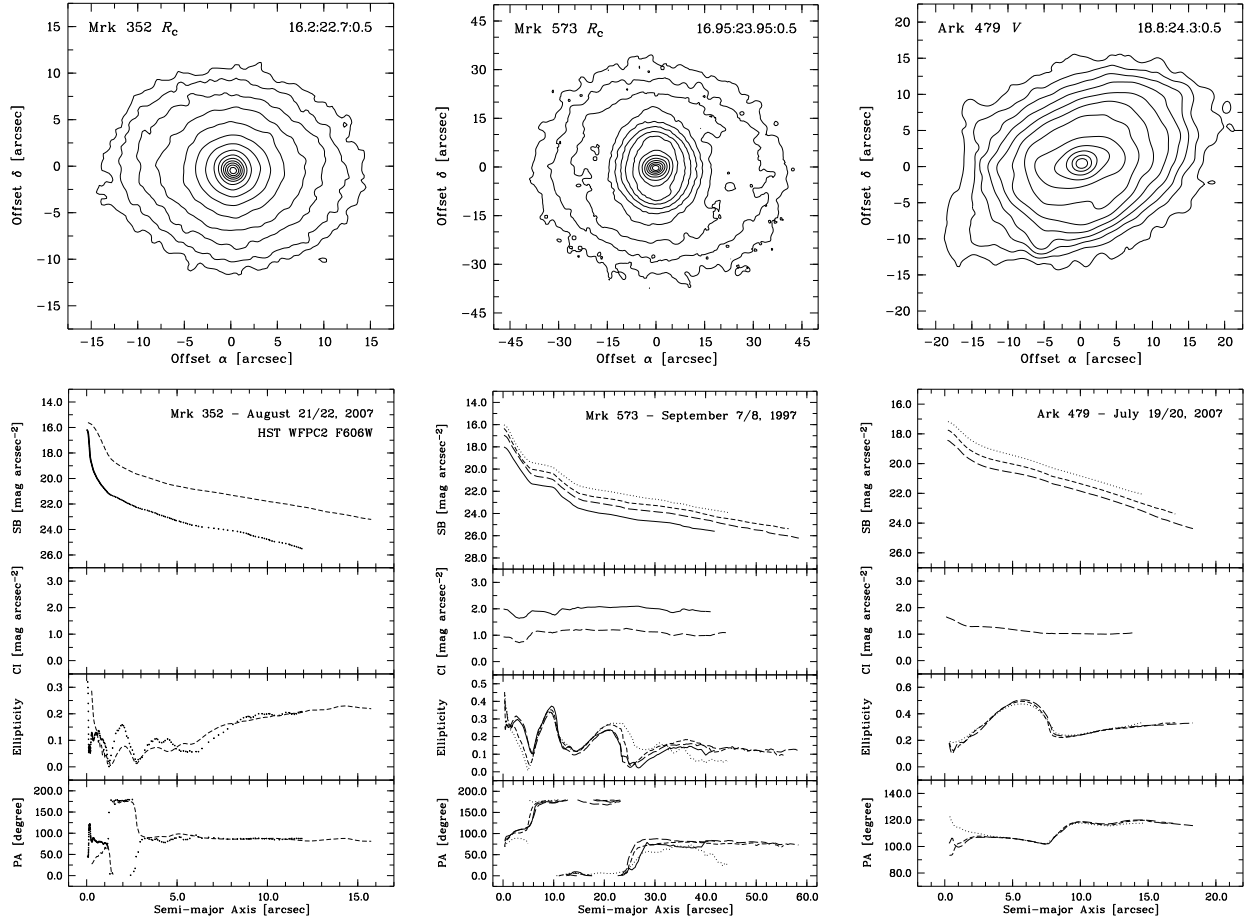
### 4.2 Корекция за нежелани структури

Нежелани структури са: нежелани обекти (проектирани звезди/галактики или галактики-спътници) или артефакти (следи от метеори, разсеяна светлина от близки звезди или звезди извън полето, дифракционни лъчи от ярки звезди, космически частици, недобре коригирани CCD дефекти). Ползвани са следните методи на корекция: интерполация, изваждане на PSF, симетрично заместване, деблендиране и коригиране в пръстени и изключване на сектор от фитирането. Най-често ползваната техника е интерполация. Алгоритъмът генерира маски върху нежеланите структури и интерполира сигнала там.

### 4.3 Фитиране на изофотите с елипси

Фитираме елипси към изофотите на изображенията на галактики с логаритмично еквидистантна стъпка по интензитет. Като резултат получаваме профили на SB,  $\epsilon$ , и PA като функция на  $a$  за всяка галактика. Радиални профили на цветните показатели (CI; цветни профили) се получават чрез изваждане на отделни калибрирани профили на SB (виж Гл. 5), след като се приведат към една и съща FWHM. За всяка галактика е представен набор от контурна карта и профили на SB,  $\epsilon$ , и PA, както е показано на

Фиг. 1 за избрани обекти. Предварителни резултати от повърхностната фотометрия са представени в [Petrov et al. \(1999\)](#) и [Slavcheva-Mihova et al. \(2005\)](#).



ФИГУРА 1: Горни панели: контурни карти. Север е нагоре, а изток наляво. Числата в горния десен ъгъл обозначават началната SB, крайната SB и стъпката в  $\text{mag arcsec}^{-2}$ . Долни панели: профили на SB, CI,  $\epsilon$  и PA. Показаните цветни профили са:  $B-I_C$  (непрекъсната) и  $V-I_C$  (прекъсната). За останалите профили непрекъснатата линия, линията с дълги тирета, линията с къси тирета и пунктираната линия съответстват на  $B$ -,  $V$ -,  $R_C$ - и  $I_C$ ; профилите от HST (некалибрирани) са означени с квадратчета.

#### 4.4 Спомагателни изображения

За улесняване изявяването на структури в отделните галактики са създадени следните спомагателни изображения: цветни изображения, резидуали (остатъчни изображения) с изваден модел и резидуали с извадена/разделени на неконтрастна маска, структурни карти; в отделни случаи е изваден фитиран 2D аналитичен модел. Цветни изображения са създадени като съответните калибрирани изображения са приведени към еднаква FWHM. Като от изображението на галактиката извадим модела, създаден на базата на фитираните елипси, получаваме резидуал с изваден модел. Освен

това изображенията са изгладени с медианен филтър. Чрез изваждане на изгладеното изображение от оригиналното получаваме резидуал с извадена неконтрастна маска; аналогично, делейки изображението на изгладеното, получаваме резидуал, разделен на неконтрастна маска. Структурна карта,  $S$ , конструираме така:

$$S = \left( \frac{\mathcal{O}}{\mathcal{O} \otimes M} \right) \otimes M^T, \quad (2)$$

където  $\mathcal{O}$  е оригиналното изображение,  $M$  е Мофат PSF,  $M^T$  е транспонираната PSF,  $M^T(x, y) = M(-x, -y)$ , и  $\otimes$  е операторът на конволюция.

## 4.5 Определяне фона на небето

Фонът на небето в заеманата от галактиката област се определя като се апроксимира разпределението на яркостта на небето, определено чрез интегриране в малки свободни от обекти участъци, с повърхнина, дефинирана от 2D полином от първа степен. Варирайки фона, за всяка галактика построяваме асимптотична крива на нарастване, като по този начин я ползваме като коректив за добре определен фон.

## 4.6 Характеризация на баровете

Класическото проявление на бара върху профилите е максимум на елиптичността, придружен от плато на PA и издатина на SB; въвеждат се и по-обстойни критерии (напр. [Aguerri et al. 2009](#)). Считаме дадена галактика с бар, ако има максимум на елиптичността, по-голям от 0.16, и амплитуда поне 0.08, както и PA, постоянен в рамките на  $20^\circ$ , съгласно [Aguerri et al. \(2009\)](#). Приемаме максимума на елиптичността и съответния PA в областта на бара за негови елиптичност ( $\epsilon_{\text{bar}}$ ) и PA ( $PA_{\text{bar}}$ ), съответно. Нека отбележим, че при разглеждане на барове и пръстени се вземат предвид само крупномащабни структури. Депроектираната елиптичност на бара,  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)}$ , е намерена съгласно [Martin \(1995\)](#), виж също [Slavcheva-Mihova & Mihov 2011b](#)). Медианните стойности на депроектираните елиптичности на баровете на Sy и неактивната извадка са 0.39 (0.12) и 0.49 (0.14) съответно; в скоби е дадено средното абсолютно отклонение (mean absolute deviation, MAD) около тях.

Наличието на силна корелация между силата и депроектираната елиптичност на бара дава основание елиптичността на бара да се ползва за първо приближение на неговата сила (напр. [Martin 1995](#)). Дефинираме даден бар като силен, ако  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} > 0.45$  съгласно [Laine et al. \(2002\)](#). Морфологичната класификация “SB” и “SAB”, дадена от нас, също се базира на този критерий. Наблюдаваните разлики в това отношение между класификациите, направени от това изследване и дадени в базите данни (виж Табл. 2), показват, че визуалната оценка на силата на бара не винаги е точна.

Mrk 595, Mrk 279 и NGC 7469 имат структури с индикациите на бар с депроектирани елиптичности под 0.15, което е типично за овали и лещи; без наличието на кинематични данни, обаче, не можем да сме по-конкретни. Галактиките с барове и овали имат сходна еволюция и са принципно еквивалентни относно потока на газ към центъра; освен това, и овалите, и лещите са достатъчно асиметрични, за да породят т.нар. секулярна еволюция. Следователно, баровете, овалите и лещите са функционално еквивалентни в контекста на захранването на ядрената активност и за целите на по-нататъшния анализ ще ги наричаме общо барове.

## Глава 5. Привеждане към стандартна система

Привеждането към стандартна система (калибриране) на изображенията от фотометрични нощи се базира на стандартни площадки с голям брой звезди в звездните купове M 92, NGC 7790 и M 67. Извършена е апертурна звездна фотометрия на стандартните площадки по метода на кривата на нарастване, който почива на изследване на S/N в изображенията. За радиус на малката апертура избираме  $1 \times \text{FWHM}$ . Радиусът на голямата апертура е около  $4-5 \times \text{FWHM}$ . Стойността на фона се определя като модата на интензитета в пръстен с вътрешен радиус  $7 \times \text{FWHM}$  пиксела и външен радиус  $[1000/\pi + (7 \times \text{FWHM})^2]^{0.5}$  пиксела, избран така че пръстенът да съдържа постоянен брой пиксели (около 1000) независимо от качеството на изображението (Mihov & Slavcheva-Mihova 2008). За трансформация на инструменталната система към стандартна  $(U)^6 BVR_C I_C$  Johnson-Cousins система следваме подхода на Harris et al. (1981). Изображенията от нощи с проблеми от фотометрично или техническо естество са калибрирани на базата на звезди за сравнение в площадките на съответните обекти (т.нар. вторични стандарти).

## Глава 6. Локално обкръжение

Изследвано е локалното обкръжение както на извадката от Su галактики, така и на тази от неактивни галактики. Търсени са близки физически спътници (по-нататък наричани спътници) в рамките на (1) проектирано линейно разстояние  $\Delta D$  от пет галактични диаметъра и (2) разлика в абсолютните радиални скорости  $|\Delta V_r| = 600 \text{ km s}^{-1}$ . Не е наложен критерий, свързан с разликата в яркостта между галактиката и спътника ѝ, тъй като той би изключил галактиките-джуджета, за които се смята че играят съществена роля в процесите на сливане с по-малки галактики.

При определяне на разстоянието между галактиките и съответните им спътници са използвани изофоталните диаметри на  $25 B \text{ mag arcsec}^{-2}$  (като са взети предвид и

<sup>6</sup>U филтър е ползван при вторичните стандарти.

грешките им), коригирани за Галактично поглъщане и наклон. Диаметрите са вземани основно от HyperLeda. Има случаи на по-голям спътник от основната галактика. Затова се изследва достатъчно голяма околност на галактиката и е взет по-големия от диаметрите на всяка кандидат-двойка при прилагане на критерия за разстояние.

Разликата в радиалните скорости е пресметната, ползвайки специалната релативистка конвенция:

$$V_r = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} c. \quad (3)$$

Ползвано е червено отместване, приведено към отправната система на микровълновото фоново излъчване на 3К, дадено в NED.

## Глава 7. Коментари на индивидуалните Сийфърт галактики

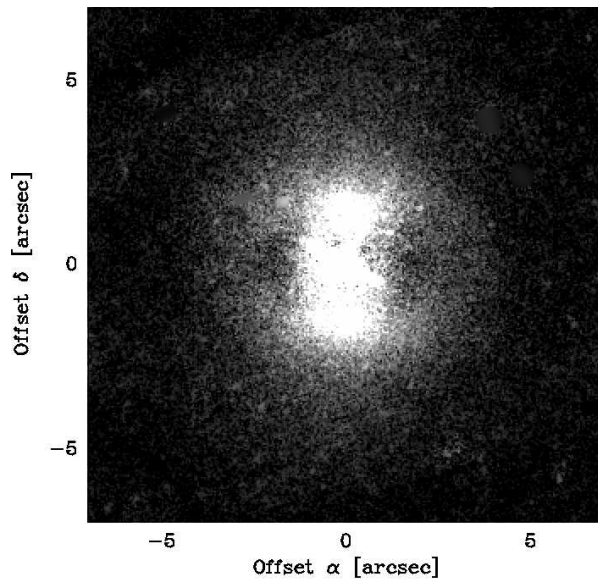
Дискутирани са представителни галактики от Су извадката в контекста на структури, намерени или уточнени от това изследване, и случаите, когато влиянието на някои образувания върху профилите е съществено за точното определяне на структурните параметри чрез декомпозиция. Индивидуалните коментари са илюстрирани от цветни изображения/карти, изофотни карти, структурни карти и резидуали с изваден 2D модел (Фиг. 2-11)<sup>7</sup>.

### 7.1 Mrk 352

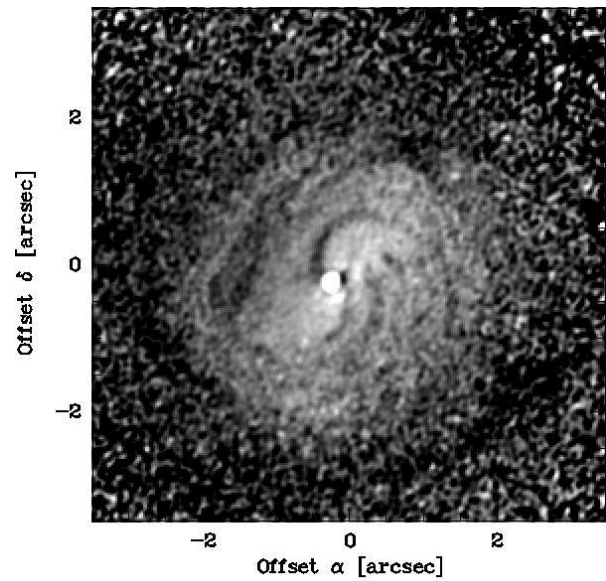
Има индикации за ядрен бар около  $a = 2''$ : елиптичността показва пик, придружен от плато на PA; на профила на SB, обаче, няма видима издатина. Нещо повече, контрастният резидуал разкрива ядрен пръстен. За да потвърдим откритията си, обработихме архивни данни от HST. Изваждането на фитиран 2D бълдж-диск модел (с маскирано ядро) разкрива  $\theta$ -образна структура (Фиг. 2), представляваща най-вероятно ядрен бар, обграден от пръстен. В областта около  $a = 2''$  профилите на елиптичността и PA имат същото поведение като нашите и, в допълнение, профилът на SB показва слаба издатина. Освен това, профилът на SB показва слаба издатина, придружена от пикове на елиптичността на  $a \approx 4''$ , което асоциираме с пръстена.

<sup>7</sup>Линиите с пунктир/точки съответстват на максимума/минимума на елиптичността). На всички фигури север е нагоре, изток е наляво. На цветните изображения черните нюанси указват сини структури, белите – червени. На резидуалните изображения остатъчните структури са в бяло.





ФИГУРА 2: 2D резидуал с изваден фитиран 2D бълдж-диск модел на Mrk 352 в  $F606W$  от WFPC2 на HST. Може да се проследи барът, обграден от пръстен.



ФИГУРА 3: Структурна карта на Mrk 590 в  $F550M$  от HST. Могат да се проследят праховите ивици.

## 7.2 Mrk 573

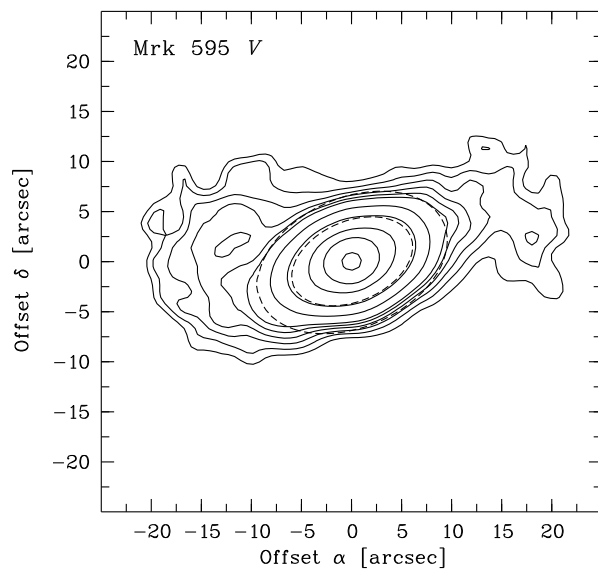
Конусните структури пораждат посиняване на цветните профили и максимум на елиптичността в  $BV$  на  $a \approx 3''$ . Максимумът на елиптичността във  $V$  е погрешно интерпретиран като индикация за ядрен бар от [Afanasiev et al. \(1998\)](#). Вторият максимум на елиптичността (на  $a \approx 9''$ ) съответства на добре изявен бар. Профилите на SB в областта  $25'' - 40''$  са повлияни от външен пръстен. Профилите показват индикации за още един бар на  $a \approx 21''$ , както вече е предложено от [Laine et al. \(2002\)](#). След като извадихме 2D модел на елиптичен пръстен, максимумът на елиптичността намаля и слабата издатина на профила на SB изчезна, което ни кара да считаме, че Mrk 573 няма три бара.

## 7.3 Mrk 590

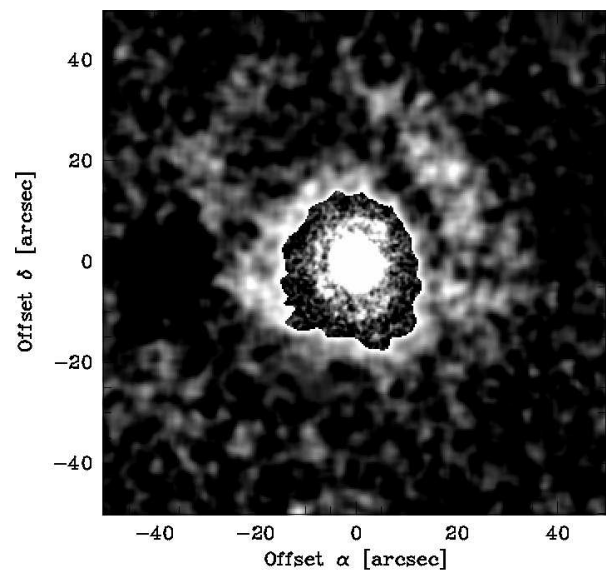
Обработихме архивни данни от HST и създадохме структурна карта, която разкрива няколко прахови ивици. Две от тях имат вида на типичните прави прахови ивици по водещите страни на бара (въпреки че индикациите за бар не са очевидни, Фиг. 3) и могат да бъдат проследени до около 70 pc ( $0''.14$ ) в радиус.

## 7.4 Mrk 595

Профилите и изофотната карта подсказват за наличието на барообразна структура – най-вероятно овал/леща (като се има предвид  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.13$ ), която се извява на профилите в областта  $a \approx 4'' - 8''$ . Пикът на елиптичността в  $BV$  и посиняването на цветните профили около  $a = 11''$  са причинени от началата на спиралните ръкави, които се извяват на контрастния резидуал (Фиг. 4). Увеличената елиптичност във  $V$  и посиняването на  $V - I_C$  профила в областите на двата пика на елиптичността са свързани с излъчването в  $[\text{O III}]$ .



ФИГУРА 4: Карта на резидуала с извадена контрастна маска на Mrk 595 във  $V$ . Начертани са моделните изофоти, съответстващи на двата пика на елиптичността във  $V$ . Могат да се проследят овалът/лещата и наченките на спирални ръкави.



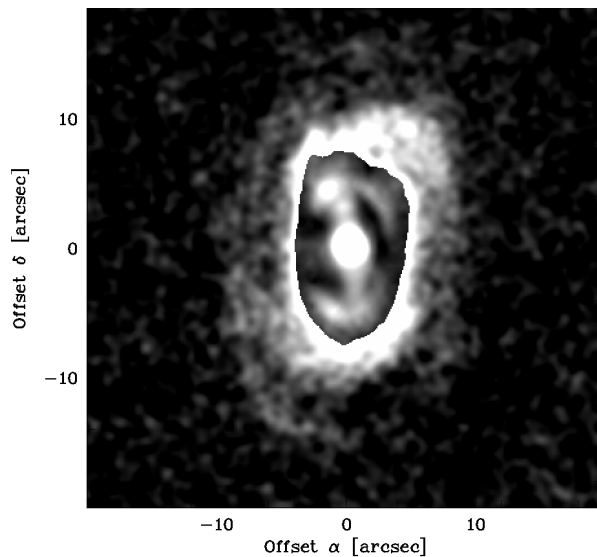
ФИГУРА 5: Композитен резидуал на Ark 120 в  $B$ , съставен от два резидуала с извадена контрастна маска, така че да могат да се проследят вътрешният пръстен и двете слаби арки, ориентирани на север.

## 7.5 Ark 120

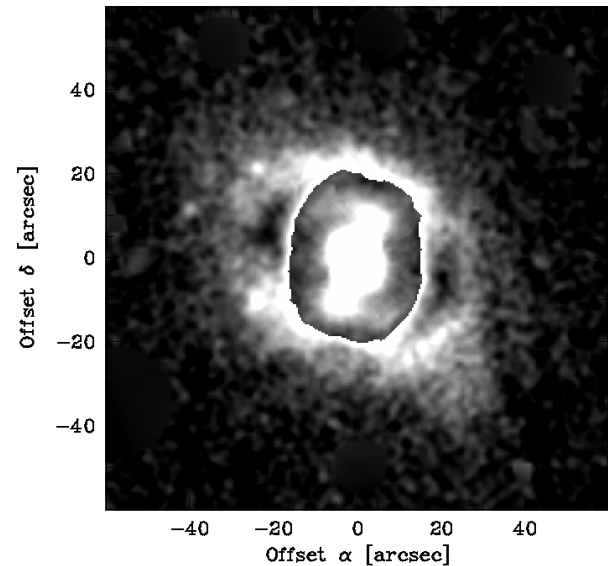
Контрастният резидуал (Фиг. 5) разкрива син пръстен с области на звездообразуване и арки от двете страни на ядрото, ориентирани на север, като западната е по-добре извявена.

## 7.6 Mrk 376

Контрастният резидуал (Фиг. 6) разкрива извит бар. Той е обграден от пръстен с области на звездообразуване. Яркостта на двата спирални ръкава чувствително отслабва и те образуват слаб външен псевдо-пръстен. Барът се изявява на профилите около  $a = 4''$ . Проявлението на вътрешния пръстен и на бара върху профила на SB е комбинирано.



ФИГУРА 6: Композитен резидуал на Mrk 376 в  $R_C$ , съставен от резидуал разделен на/с извадена контрастна маска. Изпъкват извитият бар, пръстенът около него и спиралните ръкави, образуващи слаб външен псевдо-пръстен.



ФИГУРА 7: Композитен резидуал на NGC 3516 в  $R_C$ , съставен от резидуал разделен на/с извадена контрастна маска, така че да могат да се проследят барът и пръстените.

## 7.7 NGC 3227

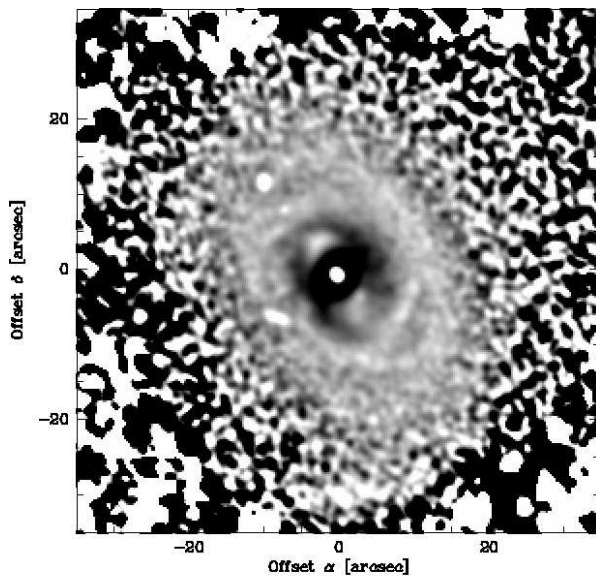
[González Delgado & Pérez \(1997\)](#) привеждат доводи в полза на бар с  $a \approx 1.6$  крс ( $\approx 21''$ ); [Gadotti & de Souza \(2006\)](#) съобщават за бар с  $a \approx 1.9$  крс ( $\approx 22''$ ). В тази област, – по-точно, около  $a = 17''$ , профилите имат сложно поведение: и елиптичността, и PA зависят от дължината на вълната. За разлика от горните автори, ние го отдаваме на поглъщане от прах: разположението на праха е такова, че поглъщането от него води до увеличаване на елиптичността и отместване на PA спрямо PA на галактиката при преминаване към по-къси дължини на вълната. В NIR PA не е отместен от PA на галактиката и профилът на елиптичността няма максимум в тази област.

## 7.8 NGC 3516

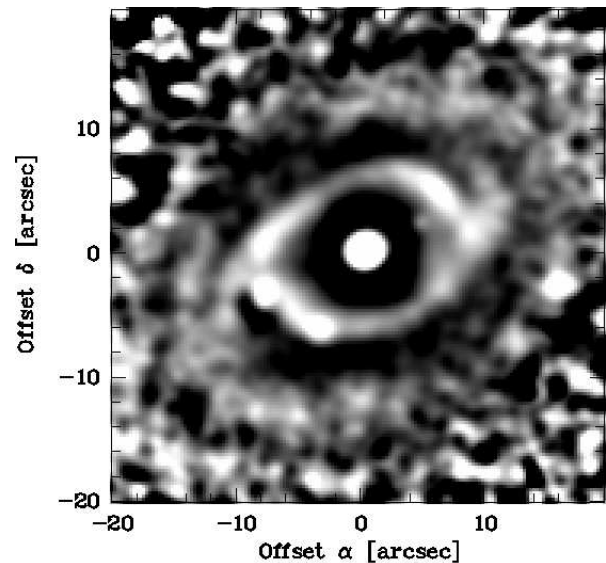
Контрастният резидуал (Фиг. 7) разкрива външен пръстен, който се изявява на профила на SB, и предполага наличието на непълен вътрешен пръстен около бара.

## 7.9 Mrk 279

Моделният резидуал разкрива асиметричен външен пръстен и опашка на юг. Около  $a = 5''$  профилите и структурната карта (Фиг. 8) показват индикации за барообразна структура (която най-вероятно е овал/леща като се има предвид  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.13$ ). От двете ѝ страни излизат две прави образувания, подобни на тези в Mrk 771, които пораждат зависимост от дължината на вълната на максимума на елиптичността на  $a \approx 13''$ . Външните части на галактиката са сини и асиметрични. Пертурбираната морфология на Mrk 279 може да е резултат от взаимодействие със спътника, който става по-син и издължен в посока към нея.



ФИГУРА 8: Структурна карта на Mrk 279 в  $R_C$ . Може да се проследи овалът/лещата, заедно с останалите структури, дискутирани в текста.



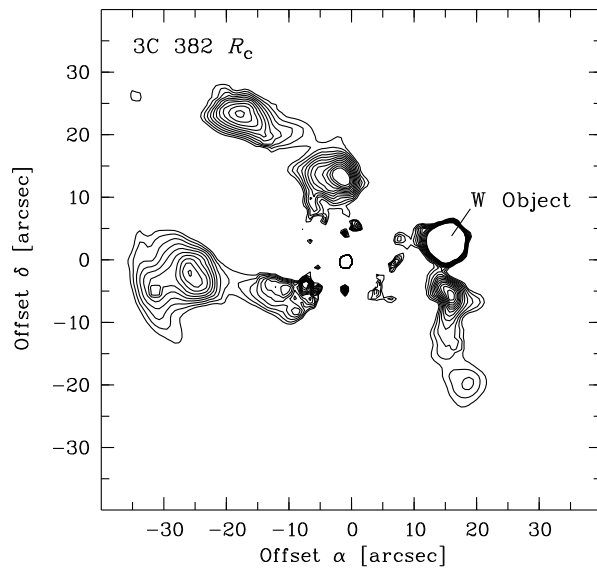
ФИГУРА 9: Структурна карта на Mrk 506 в  $R_C$ . Открояват се пръстените и спиралните ръкави.

## 7.10 Ark 479

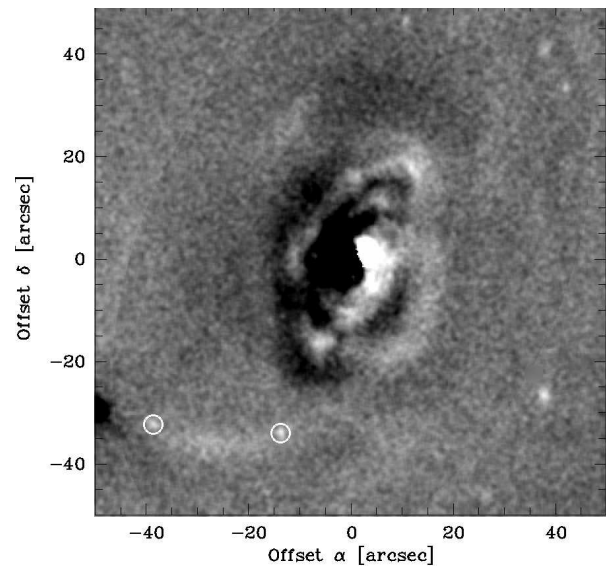
Профилът на елиптичността показва максимум около  $a = 6''$ , придружен от лека издатина на профила на SB и почти постоянен PA, което съответства на бар. Спиралната структура причинява зависимост на максимума на елиптичността от дължината на вълната и слабо повлиява профила на SB.

## 7.11 Mrk 506

Структурната карта (Фиг. 9) разкрива вътрешен пръстен и двойка слаби спирални ръкави, които излизат от него и достигат слаб външен пръстен. Въпреки, че Mrk 506 е класифицирана със слаб бар (RC3), поведението на профилите не показва индикации за бар. Освен това, след изваждането на 2D модел на елиптичен пръстен, издатината на SB около  $a = 9''$  практически изчезва.



ФИГУРА 10: Карта на резидуал с изваден модел на 3C 382 в  $R_C$ . Изпъкват три нишковидни образувания. Обектът на  $16''$  на запад, коригиран от изображенията, е показан за илюстрация.



ФИГУРА 11: Резидуал на NGC 7603 във  $V$  с изваден модел. Могат да се проследят комплекс от примкообразни структури и нишковидно образувание с две емисионни галактики проектирани върху него (оградени).

## 7.12 3C 382

На моделния резидуал (Фиг. 10) се открояват три нишковидни образувания, които се изявяват на профила на SB. Североизточното и източното са насочени към спирална галактика на около  $1.4''$  на североизток. Според [Roche & Eales \(2000\)](#) двете галактики взаимодействат, а синият обект на  $16''$  на запад (Фиг. 10) може да е галактика-джудже в процес на сливане с 3C 382. Според нас този обект най-вероятно е проектиран. На архивните изображения от WFPC2 на HST има звездообразен вид; след изваждането на PSF не остава никаква забележима структура. Югозападното нишковидно образувание може също да е резултат от взаимодействие.

## 7.13 NGC 7469

Поведението на профилите около  $a = 14''$  не е типично – във вътрешните ѝ части е доминирано от вътрешен псевдо-пръстен, а във външните – от барообразна структура (която най-вероятно е овал/леца като се има предвид  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.12$ ). Това е най-добре илюстрирано в  $I_C$  от двупиковия максимум на елиптичността и съответната слаба двойна структура на профила на SB. Зависимостта на максимума на елиптичността от дължината на вълната се причинява от вътрешния псевдо-пръстен и спиралната структура.

## 7.14 NGC 7603

NGC 7603 и галактиката на около  $1'$  на югоизток са пример на асоциация с аномално червено отместване. NGC 7603 и яркото нишковидно образувание, свързващо двете галактики, показват индикации за приливно взаимодействие. Моделният резидуал (Фиг. 11) разкрива примкообразни структури, които изглеждат сини на цветното изображение. Те се извяват и на профилите на SB и причиняват слаби пикове на елиптичността на  $a \approx 21''$ . На цветното изображение се виждат и прахови ивици на изток от ядрото.

# Глава 8. Дискусия

## 8.1 Морфологична характеристика на извадката от Сийфърт галактики

Проведена е подробна морфологична характеристика на извадка от Sy галактики и на контролна извадка от неактивни галактики. Внимателно инспектирахме различни типове изображения, резидуали, карти и профили на всяка галактика поотделно, за да разкрием наличието на структури, съществени в контекста на захранване на Sy ядрата и адекватната структурна декомпозиция (виж Гл. 7). Като резултат даваме морфологичната класификация, определена от това изследване (грешката на  $T$  е  $\pm 1$ ), и забележки относно наличието на барове, пръстени (включително псевдопръстени), асиметрии и спътници в последните шест колони на Табл. 2 и 3 за Sy и контролната извадка, съответно.

Открихме следните структури, недокладвани досега, доколкото ни е известно:

- бар в Ark 479 и овал/леца в Mrk 595;
- вътрешни пръстени в Ark 120 и Mrk 376;

- нишковидни (3C 382) и примковидни (NGC 7603) образувания;
- ядрен бар, обграден от пръстен в Mrk 352, и ядрени прахови ивици в Mrk 590.

Освен това, уточнихме морфологичния статус на някои обекти. Считаме, че Mrk 376 е с бар, Mrk 279 и NGC 7469 имат овал/леца, Mrk 506 няма бар и NGC 3516 има вътрешен пръстен. Дискутираме баровете, предложени за Mrk 573 и NGC 3227, както и природата на обекта, за който е предложено да е сливаща се галактика с 3C 382.

Невинаги баровете явно се изявяват на профилите на галактиките. Максимумът на елиптичността може да е маскиран от началата на спиралните ръкави, образувания на краищата на бара или по-централни структури. Издатината на профила на SB може да е слаба или дори да липсва. Началата на спиралните ръкави, излизащи от краищата на бара, пораждат издатина на профила на SB, зависеща от дължината на вълната, и пик на елиптичността, наложени съответно върху края на издатината на профила на SB, породена от бара, и максимума на елиптичността, както и посиняване на цвета при почти постоянен/слабо променящ се PA; максимумът на елиптичността също може да зависи от дължината на вълната. Това маскиране на краищата на бара може да доведе до надценяване на дължината на бара, определена на базата на декомпозиция. Като цяло, в резултат на частичното фитиране на спиралната структура от модела тя се изявява на профила на SB при постоянно променящ се PA; често се наблюдава и максимум на елиптичността. Пръстените обикновено повлияват профила на SB. И други структури биха могли да повлияят профилите – образувания на краищата на бара, обвивки, приливни образувания, прах, компактни структури и [O III] емисионни области. Така, горепосочените структури могат да модифицират разпределението на SB, като по този начин променят структурните параметри, определени на базата на декомпозиция. За да се получат надеждни оценки на параметрите, тези структури трябва да се вземат предвид при декомпозицията като се фитират или като се изключат съответните области.

Малкият дял елиптични галактики сред Sy галактиките е известен отдавна. Всъщност няколко от галактиките от нашата извадка са класифицирани като елиптични, но ние считаме всички за дискови (виж Табл. 2). Объркването  $E \leftrightarrow S0$  може често да възникне при визуална класификация, особено на слаби/далечни галактики. Идентификацията на дискови галактики, погрешно класифицирани като елиптични, е съществена и за фотометричната декомпозиция. Освен това, лошото изображение и разрешение могат да доведат до недетектиране на спиралната структура (т.е. погрешна класификация  $Spiral \rightarrow S0$ ) и на баровете/пръстените. Разликите в морфологичния тип между това изследване и RC3 (или NED/HyperLeda/SIMBAD, когато няма добре дефинирана класификация в RC3) може да се проследи в Табл. 2. Хъбл типът на извадката варира от S0 до Sbc с медианно S0/a (Фиг. 12). Тъй като голяма част от извадката се състои от Sy 1 обекти, преобладаването на ранни типове може да отразява факта, че Sy 1 галактиките имат по-малък  $T$  от Sy 2. Тенденцията активните галактики да са от по-ранни типове от неактивните е отбелязана още от [Terlevich et al. \(1987\)](#).

Таблица 2: Морфологични особености на извадката от Su галактики.

Su галактика	MT <sup>RC3</sup>	MT <sup>our</sup>	B	R	A	C	Any
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mrk 335	S0/a <sup>N</sup>	SA0 pec	○	○	●	○	●
III Zw 2	E <sup>Sim</sup>	SA0 pec	○	○	●	●	●
Mrk 348	SA(s)0/a:	SA(s)a	○	●	●	●	●
I Zw 1	Sa <sup>N</sup>	SA(s)ab	○	○	●	●	●
Mrk 352	SA0	SA0	○	○	○	○	○
Mrk 573	(R)SAB(rs)0 <sup>+</sup> :	(R)SAB(r)0	●	●	○	●	●
Mrk 590	SA(s)a:	SA(s)a	○	○	○	●	●
Mrk 595	Sa <sup>N</sup>	SAB0/a	●	○	○	○	●
3C 120	S0:	SA0 pec	○	○	●	○	●
Ark 120	Sb pec <sup>N</sup>	SA(r)0 pec	○	●	●	○	●
Mrk 376	S0: <sup>N</sup>	(R')SAB(r)a	●	●	○	○	●
Mrk 79	SBb	SB(rs)b	●	●	●	○	●
Mrk 382	SBc <sup>Sim</sup>	(R')SAB(r)bc	●	●	○	○	●
NGC 3227	SAB(s)a pec	SAB(s)a pec	●	○	●	●	●
NGC 3516	(R)SB(s)0 <sup>0</sup> :	(R)SAB(r)0	●	●	○	○	●
NGC 4051	SAB(rs)bc	SAB(s)bc	●	○	●	○	●
NGC 4151	(R')SAB(rs)ab:	(R')SB(rs)ab	●	●	○	●	●
Mrk 766	(R')SB(s)a:	(R')SAB(s)ab	●	●	●	○	●
Mrk 771	Spiral <sup>N</sup>	(R')SAB0/a pec	●	●	●	○	●
NGC 4593	(R)SB(rs)b	(R')SAB(rs)b	●	●	●	●	●
Mrk 279	S0	(R)SAB0 pec	●	●	●	●	●
NGC 5548	(R')SA(s)0/a	SA0/a pec	○	○	●	●	●
Ark 479	S0 <sup>HL</sup>	SAB(s)ab	●	○	○	●	●
Mrk 506	SAB(r)a	(R)SA(r)0/a	○	●	○	●	●
3C 382	...	SA0 pec	○	○	●	○	●
3C 390.3	S0: <sup>Sim</sup>	SA0	○	○	○	●	●
NGC 6814	SAB(rs)bc	SAB(rs)bc	●	●	○	○	●
Mrk 509	...	SA0	○	○	○	○	○
Mrk 1513	(R)Sa	(R')SA(s)a	○	●	○	○	●
Mrk 304	...	SA0	○	○	○	○	○
Ark 564	SB	(R')SB(s)b	●	●	○	○	●
NGC 7469	(R')SAB(rs)a	(R')SAB(rs)a	●	●	○	●	●
Mrk 315	E1 pec?	SA(s)0/a pec	○	○	●	●	●
NGC 7603	SA(rs)b: pec	SA0 pec	○	○	●	?	●
Mrk 541	E/S0 <sup>Sim</sup>	(R)SA(r)0	○	●	●	○	●

(2) <sup>N</sup>/<sup>HL</sup>/<sup>Sim</sup> означават NED/HyperLeda/SIMBAD. Кол. 4-8 разкриват наличието на (4) бар, овал или леца; (5) вътрешен и/или външен (псевдо-)пръстен; (6) асиметрия; (7) спътник (? означава система с аномално z); (11) някои от предишните особености.



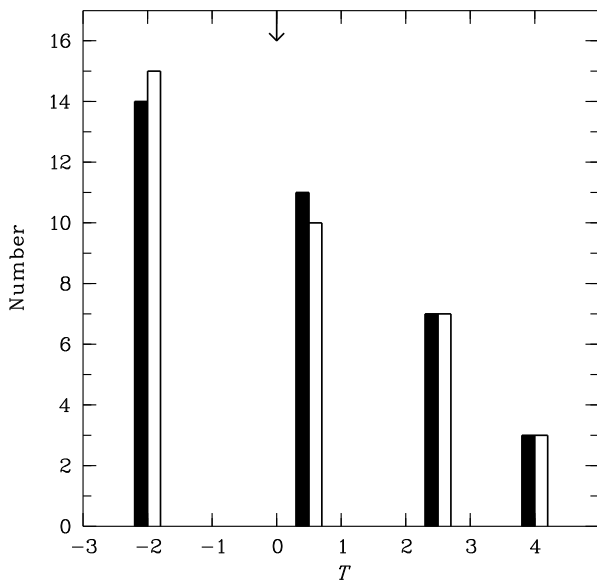
Таблица 3: Морфологични особености на извадката от неактивни галактики.

Неактивна галактика	MT <sup>RC3</sup>	MT <sup>our</sup>	B	R	A	C	Any
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
IC 5017	(R)SAB(rs)0 <sup>0</sup>	(R)SB(r)0	●	●	○	○	●
2MASX J01505708+0014040	S0/a <sup>HL</sup>	SA0	○	○	○	○	○
NGC 2144	(R')SA(rs)a:	(R')SA(rs)a pec	○	●	●	●	●
ESO 155– G 027	(R' <sub>1</sub> ?)SB(rs)ab <sup>N</sup>	SB(r)b	●	●	●	●	●
2MASX J04363658–0250350	S0 <sup>N</sup>	SA0	○	○	○	●	●
ESO 542– G 015	S0(r): <sup>Sim</sup>	SAB0	●	○	○	○	●
NGC 4186	SA(s)ab:	SA(rs)a	○	●	●	○	●
2MASX J00342513–0735582	SB0/a <sup>N</sup>	SAB0	●	○	○	●	●
ESO 202– G 001	SAB(r)0 <sup>0</sup> : pec	SA0 pec	○	○	●	○	●
IC 5065	SB0: pec	SAB0 pec	●	○	●	●	●
ESO 545– G 036	(R'?)SA(s)a <sup>N</sup>	(R')SA(s)a pec	○	●	●	○	●
ESO 340– G 036	SB(r)b	SB(r)b	●	●	●	○	●
ESO 268– G 032	SAB(s)bc <sup>N</sup>	SAB(s)bc	●	○	○	○	●
IC 5240	SB(r)a	SB(r)a	●	●	○	○	●
ESO 183– G 030	SA0 <sup>-</sup> pec?	SA0	○	○	○	●	●
IC 1993	(R')SAB(rs)b	(R')SA(s)bc	○	●	○	○	●
NGC 2775	SA(r)ab	SA(s)ab	○	○	○	●	●
UGC 6520	SB?	(R')SB(rs)ab	●	●	○	●	●
ESO 349– G 011	SB(r)a <sup>N</sup>	SB(r)a	●	●	○	○	●
NGC 4902	SB(r)b	SB(r)b	●	●	●	●	●
ESO 324– G 003	(R)SA(r)0 <sup>+,N</sup>	SA(r)0	○	●	○	○	●
NGC 466	SA(rs)0 <sup>+</sup> :	SA(s)0/a	○	○	●	○	●
ESO 297– G 027	SA(rs)b:	SA(rs)ab	○	●	○	○	●
ESO 510– G 048	SA(s)0/a: pec	SA(s)0/a pec	○	○	●	●	●
ESO 292– G 022	SA0 <sup>-</sup> pec:	SA0	○	○	○	○	○
ESO 249– G 009	(R)SB0 <sup>+</sup> : <sup>N</sup>	(R)SAB0	●	●	○	○	●
NGC 7421	SB(rs)bc	SB(rs)bc pec	●	●	●	●	●
ESO 147– G 013	S0 <sup>0</sup> : pec	SA0 pec	○	○	●	○	●
2MASX J14595983+2046121	...	SA(s)a	○	○	●	○	●
ESO 292– G 007	S0 <sup>N</sup>	SA0	○	○	○	●	●
ESO 552– G 053	SB(r)b	(R')SB(r)b	●	●	●	○	●
NGC 897	SA(rs)a	SA(rs)a	○	●	○	●	●
ESO 423– G 016	(R)SB(s)0/a	(R)SAB(s)0/a	●	●	○	●	●
ESO 113– G 050	S0 <sup>-</sup> pec	SA0	○	○	●	○	●
UGC 9532 NED04	S0 <sup>Sim</sup>	(R)SAB0	●	●	○	●	●

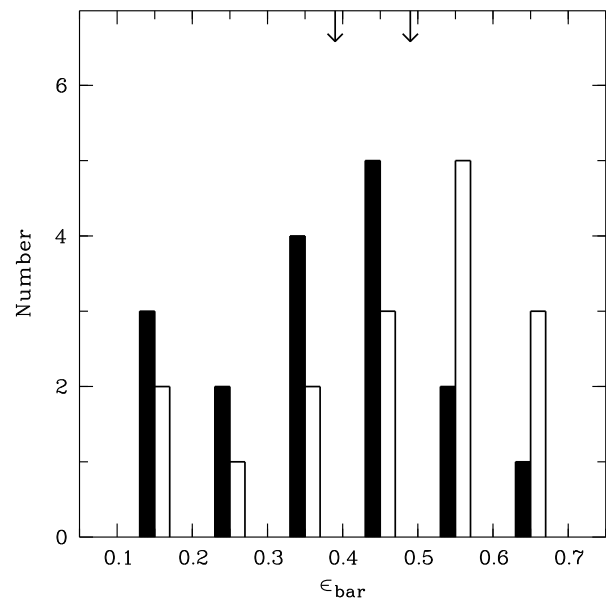
(2) <sup>N</sup>/<sup>HL</sup>/<sup>Sim</sup> означават NED/HyperLeda/SIMBAD. Кол. 4-8 са същите като в Табл. 2.

## 8.2 Дял и сила на баровете

Дялт барове в нашата *Sy* и контролна извадка е подобен:  $(49 \pm 8)\%$ <sup>8</sup> и  $(46 \pm 8)\%$ , съответно. Тези стойности са в съгласие с резултатите от количествените методи на идентификация на барове (напр. [Aguerri et al. 2009](#)) и може да са по-ниски в сравнение с други изследвания в оптичския диапазон поради относително големия дял в нашите извадки на *S0* галактики, при които по-рядко се срещат барове в сравнение с по-късните типове ([Ho et al. 1997](#); [Aguerri et al. 2009](#)). Като се има предвид нашето разпределение на  $T$  и зависимостта на дяла барове от  $T$  в [Ho et al. \(1997\)](#), на базата на RC3 класификация, и в [Aguerri et al. \(2009\)](#), в резултат на фитиране с елипси, намираме очаквания дял барове на комбинираната ни (*Sy* и контролна) извадка да е 50% за първите и 44% за вторите автори. Както се вижда, тези стойности са подобни на намерените от нас.



ФИГУРА 12: Разпределение на  $T$ , определени от нас, на *Sy* (запълнени колони) и контролната (празни колони) извадка. Показаните бинове съответстват на  $T = -2$ ,  $T = 0$ ,  $T = 2$ ,  $T = 3$  и  $T = 4$ . Стрелката посочва медианната стойност на двете извадки.



ФИГУРА 13: Разпределение на  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)}$  на *Sy* (пълни колони) и контролната (празни колони) извадка. Размерът на бина е 0.1. Лявата/Дясната стрелка посочва медианната стойност за *Sy*/контролната извадка.

На Фиг. 13 представяме разпределението на депроектираните елиптичности на бара за двете извадки. На базата на  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.45$  като критерий за сила на бара, намираме, че честотата на срещане на слабите барове в *Sy* извадката е по-голяма, отколкото в контролната извадка, при около 98% доверително ниво<sup>9</sup>. Този резултат, обаче, е

<sup>8</sup>Грешката се определя от биномиалното разпределение като  $\sigma(f) = \sqrt{f(1-f)/N}$ , където  $f$  е интересуващата ни част в извадка с размер  $N$ .

<sup>9</sup>Определено с помощта на  $\chi^2$ -тест.

чувствителен към приетата граница, тъй като елиптичностите на Sy баровете са групирани около нея. Ако приемем напр.  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.40$  за граница между силни и слаби барове съгласно [Martinet & Friedli \(1997\)](#), тенденцията за дефицит на силни барове в Sy галактиките практически изчезва. Независимо от това Sy баровете (с медианна  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.39$ ) изглеждат по-слаби от съответните неактивни барове (с медианна  $\epsilon_{\text{bar}}^{(i)} = 0.49$ ) при 95% доверително ниво<sup>10</sup>, което е в съгласие със [Shlosman et al. \(2000\)](#) и [Laurikainen et al. \(2004a\)](#). Тази разлика не може да се обясни с предпочитанието на ранни типове галактики към слаби барове, тъй като извадките ни са съгласувани по  $T$ .

### 8.3 Дял на пръстените

Дялът пръстени в Sy,  $(49 \pm 8)\%$ , и контролната,  $(54 \pm 8)\%$ , извадка е еднакъв в рамките на грешките. В частност, честотата на срещане на вътрешните пръстени в Sy,  $(34 \pm 8)\%$ , и контролните,  $(40 \pm 8)\%$ , галактики, е подобна. Относителната част външни пръстени формално е еднакъв в рамките на грешките за двете извадки. Все пак външните пръстени се срещат около 1.5 пъти по-често в Sy,  $(40 \pm 8)\%$ , отколкото в контролната,  $(26 \pm 7)\%$ , извадка. Такава тенденция е предложена от [Simkin et al. \(1980\)](#) и [Hunt & Malkan \(1999\)](#). Корелацията в нашите резултати е по-слабо изявена с сравнение с последните работи, главно защото техните резултати не се базират на съгласувани (особено по  $T$ ) извадки. Освен това, дялът пръстени в подизвадката от галактики с барове е по-голям от този сред галактиките без бар при 99.9% и 97.6% доверителни нива за Sy и контролната извадка, съответно. Това е очаквано, след като пръстените се асоциират с динамичните резонанси на баровете ([Buta & Combes 1996](#)).

### 8.4 Близка околност и асиметрии на галактиките

Намираме поне един близък спътник за  $(44 \pm 9)\%$  от Sy<sup>11</sup> и  $(43 \pm 8)\%$  от контролната извадка. Това са долни граници, като се има предвид изискването за данни за радиалните скорости и подценяването на дяла на спътниците-джуджета, особено на по-далечните галактики. И в двете извадки, напр., има данни за кандидат-спътници (удовлетворяващи изискването за разстояние, но без информация за радиалните скорости) – приливни структури (3C 382, ESO 202–G 001 и ESO 113–G 050) или съседи със съизмерима яркост (Mrk 376 и ESO 324–G 003). Освен това, в Mrk 335 се наблюдава издължена структура, която може да е спътник, видян през диска на галактиката (виж Гл. 7). Така, разглеждайки явните случаи на кандидат-спътници, Sy и контролната извадка отново са в равностойно положение. Сравнение с други резултати едва

<sup>10</sup> Определено с помощта на едностранен  $t$ -тест на Student (one-tailed Student's  $t$ -test).

<sup>11</sup> NGC 7603 не е взета предвид поради аномалното червено отместване на спътника ѝ.

ли е уместно, тъй като няма универсални критерии при дефинирането на физически спътник: изборът на гранични стойности на проектираното разстояние, на разликата в радиалните скорости и на разликата в яркостта между галактиката и спътника ѝ е емпиричен. Освен това, липсата на информация за радиалните скорости обикновено се компенсира от статистически предположения за дяла на проектираните обекти. Повечето изследвания целят относителното разглеждане на околността на  $Sy$  и неактивни галактики. Няма консенсус относно частта  $Sy$  галактики със спътници – резултатите могат да се групират в три: (1) излишък на  $Sy$  галактики със спътници спрямо неактивните галактики, (2) еднакъв относителен дял спътници и (3) ексцес на  $Sy$  2 галактики със спътници спрямо  $Sy$  1 и неактивните галактики (Schmitt 2004).

Приливните взаимодействия и сливането с по-малки галактики могат да породят многообразни пертурбации в структурата. Ние, обаче, не намираме корелация между наличието на асиметрии и на спътници и за двете извадки. Едно от обясненията се основава на закъснението между установяване на взаимодействието и оптичeskото му проявление в родителската галактика; това закъснение може допълнително да се усили от бъджда (Hernquist & Mihos 1995). Освен това, слети галактики в напреднал стадий биха изглеждали като изолирана асиметрична галактика. Частта асиметрични галактики е същата в рамките на грешките за  $Sy$ ,  $(51 \pm 8)\%$ , и контролната,  $(43 \pm 8)\%$ , извадка. Подобни резултати са намерени от Virani et al. (2000) и Corbin (2000). В допълнение, дялът асиметрични галактики без спътници е практически еднакъв за двете извадки (между  $(20 \pm 7)\%$  и  $(26 \pm 8)\%$  в зависимост от това дали кандидат-спътниците се изключват от разглеждане или не). Следователно, сливания с галактики с по-малка маса, поне когато не са съчетани с наличието на спътници, не се срещат по-често в  $Sy$  извадката, отколкото в контролната.

## 8.5 Обща дискусия

Оказва се, че  $(91 \pm 5)\%$  от  $Sy$  и  $(94 \pm 4)\%$  от неактивните галактики имат барове и/или пръстени, асиметрии, спътници. Така, голямото мнозинство галактики в двете извадки показват морфологични признаци за наличието на осевоасиметрични пертурбации на потенциала и/или имат близки спътници. Всички останали галактики показват някакви признаци на взаимодействие: имат спътник в рамките на около седем галактични диаметъра (Mrk 352, 2MASX J01505708+0014040 и ESO 292– G 022), имат кандидат-спътник без данни за радиалната скорост (Mrk 509) или показват HI признаци за предишно сливане на галактики (Mrk 304). По този начин, непертурбираните галактики – и  $Sy$ , и неактивните, могат да се окажат свързани с взаимодействието. Вече има приведени примери на фини структури, предполагащи минали сливания, в галактики, класифицирани преди като непертурбирани (Bennert et al. 2008). Дори ако разгледаме само морфологичните индикации за осевоасиметрични пертурбации на потенциала, те са еднакви в рамките на грешките при  $Sy$ ,  $(86 \pm 6)\%$ ,

и контролната,  $(83 \pm 6)\%$ , извадка. Подобни резултати са намерени от [Virani et al. \(2000\)](#).

## 8.6 Устойчивост на резултатите на базата на различни източници на данните

Всички *Sy* галактики и около половината от контролните имат CCD данни. За останалите са използвани данни от DSS I, II и дигитализирания ESO-Uppsala Survey. Изследваме до каква степен различните източници на данните на *Sy* и контролните галактики могат да внесат систематични грешки в резултатите.

За всички галактики със CCD данни (общо 53), са обработени и съответните данни от DSS и независимо са оценени Хълб типа и наличието на структури и асиметрии. На фотографските данни детектираме същия процент барове и асиметрии както на CCD данните<sup>12</sup>. От детектираните пръстени на CCD данните не можем да проследим два вътрешни (Mrk 376 и Mrk 541) и един външен (Mrk 506) на съответните фотографските данни. Общо, частта барове, вътрешни пръстени, външни пръстени и асиметрии на CCD/фотографските данни е  $(48 \pm 7)\% / (48 \pm 7)\%$ ,  $(36 \pm 7)\% / (32 \pm 6)\%$ ,  $(36 \pm 7)\% / (34 \pm 7)\%$  и  $(44 \pm 7)\% / (44 \pm 7)\%$ , съответно. Ако използваме тези съображения приблизително да компенсираме за структури, недетектирани поради използването на фотографски данни, очакваният брой вътрешни пръстени нараства с един, а броят външни пръстени остава същият. За контролните галактики тази корекция засяга само дяла вътрешни пръстени и той става  $(43 \pm 8)\%$  (срещу  $(34 \pm 8)\%$  за *Sy* извадката). Това води до максимален<sup>13</sup> процент пръстени  $(57 \pm 8)\%$  за контролната извадка (срещу  $(49 \pm 8)\%$  за *Sy* извадката). Най-голямата степен, в която тази корекция би могла да повлияе крайните резултати, е когато недетектиран вътрешен пръстен е сред галактиките без морфологични признаци за осевоасиметрични пертурбации на потенциала (и спътници). Тогава частта галактики с барове и/или пръстени, асиметрии, спътници става  $(91 \pm 5)\%$  срещу  $(97 \pm 3)\%$  за *Sy* срещу контролната извадка. Ако вземем предвид само морфологичните признаци за осевоасиметрични пертурбации на потенциала, те се срещат с еднаква честота,  $(86 \pm 6)\%$ , в двете извадки. Както може да се види, тази корекция не влияе съществено върху крайните резултати, доколкото всички структури, повлияни от нея, се срещат с еднаква честота в рамките на грешките в двете извадки. Честотите на срещане или са еднакви в двете извадки, или са по-големи в контролната извадка. В контекста на нашето изследване, търсещо евентуален ексцес на структури в *Sy* извадката, този резултат означава, че интересуващите ни структури не се срещат по-рядко в контролната извадка, отколкото в *Sy* извадката.

<sup>12</sup> Фотографските изображения са прелели за една галактика, класифицирана с бар (NGC 6814), и за една, класифицирана като асиметрична (Mrk 315), на CCD данните, така че не вземаме предвид тези случаи.

<sup>13</sup> Допълнителното детектиране на вътрешни пръстени би повлияло на процента пръстени само за галактики, които нямат външни пръстени.

## 8.7 Приложение за захранване на Сийфърт ядрата

Следва да обобщим, че барове, пръстени, асиметрии и близки спътници се срещат с подобна честота в *Su* и контролната извадка, разглеждани както индивидуално, така и общо, като *Su* баровете са по-слаби. Така, нашите резултати предполагат, че захранването на *Su* ядрата не е пряко свързано с крупномащабни механизми, действащи върху голяма част от газа. Някои факти, обаче, загатват за връзка между тях.

Първо, общоприето е схващането, че газът, нужен за ядрената активност, е малка част от газа в централните няколко стотин  $r_s$ , особено на спиралните галактики, и основното предизвикателство е намаляването на ъгловия момент (Jogee 2006). Например, типичната маса на молекулярния газ, докладвана за централните области на повечето NUGA<sup>14</sup> галактики, е  $\approx 10^8 M_\odot$  (García-Burillo et al. 2005). Очаква се поне част от този газ да е резултат от секулярната еволюция. В централния кръг на галактиките с бар е намерена по-голяма концентрация на молекулярния газ, отколкото при галактиките без бар (Sakamoto et al. 1999; Sheth et al. 2005). Според първите автори повече от половината от централния газ на галактиките с бар е пренесен там именно от бара. Газът в ядрените пръстени, най-явните индикатори за скорошен поток на газ към центъра, може да бъде пренесен навътре до влиянието на SMBH от вискозни усукващи моменти съгласно сценария на García-Burillo et al. (2005). Освен това, взаимодействията и сливането с галактики също се асоциира с по-високи концентрации на централен газ (напр. Smith et al. 2007). Второ, като цяло по-слабите барове в *Su*, в сравнение с неактивните, галактики се асоциират с по-големи количества студен газ в родителските им галактики в контекста на централна концентрация на масата, която би могла да разруши  $x_1$  орбитите на бара (Shlosman et al. 2000). Оказва се, обаче, че баровете са по-устойчиви, отколкото се смяташе преди, и масата на централната концентрация, нужна да разруши бара, трябва да е много голяма (Shen & Sellwood 2004; Marinova & Jogee 2007). От друга страна, основният разрушителен механизъм би могъл да бъде предаването на ъглов момент от потока на газа на бара (Bournaud et al. 2005). По този начин, по-слабите барове в *Su* галактиките могат да са свързани с по-големите количества студен газ в дисковете им (напр. Hunt et al. 1999) в контекста на пренос на ъглов момент.

Относително ниските темпове на акреция на *Su* ядрата предполагат наличието на множество процеси на малки мащаби, способни да пренесат околоядрения газ до самия център. Това може да е основната причина за липсата на универсален механизъм на тези мащаби (García-Burillo et al. 2005). *Su* активността, обаче, се асоциира с наличието на прах (Simões Lopes et al. 2007) и по-пертурбирана газова кинематика (Dumas et al. 2007) в околоядрените области. В тази връзка започнахме изследване на околоядрените области на извадка от *Su* галактики, ползвайки архивни изображения от HST. Околоядрените структури, открити в Mrk 352 и Mrk 590, са първите резултати от това изследване.

<sup>14</sup>Проектът NUclei of GALaxies.

## Глава 9. Резултати, заключение и научни приноси

Анализирани са индикациите за наличие на осевоасиметрични пертурбации на потенциала в извадка от 35 Sy галактики и контролна извадка от неактивни галактики на базата на подробна морфологична характеристика.

1. Извършена е подробна морфологична характеристика на извадката Sy галактики в контекста на захранване на ядрата им и на адекватната структурна декомпозиция. Конструирани са контурни карти,  $BVR_C I_C$  профили на SB, елиптичността, PA и цветните показатели, както и цветни изображения, различни видове изображения и структурни карти. Анализът на тези данни за всяка галактика поотделно доведе до уточняване на морфологичния тип и до разкриване на нови структури в част от галактиките:
  - разкрити са за пръв път, доколкото ни е известно, бар в Ark 479, овал/леща в Mrk 595, вътрешни пръстени в Ark 120 и Mrk 376 и образувания от евентуален приливен произход в 3C 382 и NGC 7603;
  - дискутирани са структури с противоречива/неясна морфология в Mrk 573, Mrk 376, NGC 3227, NGC 3516, Mrk 279, Mrk 506, 3C 382 и NGC 7469.
2. На Sy извадката е построена контролна извадка, селектирана по  $T$ ,  $V_r$ ,  $M_{\text{abs}}^B$  и  $\epsilon$ . Сравнени са морфологията и локалното обкръжение на извадките със следните основни резултати:
  - намерени са подобни дялове барове в Sy,  $(49 \pm 8)\%$ , и контролната,  $(46 \pm 8)\%$ , извадка;
  - баровете на Sy галактиките са по-слаби от тези на контролните галактики със съответните медианни стойности на депроектираните елиптичности 0.39 и 0.49 при 95% доверително ниво;
  - по-слабите барове в Sy галактиките могат да са свързани с докладваните по-големи количества студен газ в дисковете им в контекста на пренос на ъглов момент;
  - честотата на срещане на пръстени в Sy и контролната извадка е подобна –  $(49 \pm 8)\%$  и  $(54 \pm 8)\%$ , съответно;
  - практически равни части от Sy,  $(44 \pm 9)\%$ , и контролната,  $(43 \pm 8)\%$ , извадка имат поне един близък физически спътник;
  - няма корелация между наличието на асиметрии и спътници и за двете извадки; сливанията с по-малки галактики, поне когато не са съпътствани от спътници, не се срещат в Sy извадката по-често, отколкото в контролната извадка;
  - преобладаващата част от двете извадки,  $(91 \pm 5)\%$  от Sy и  $(94 \pm 4)\%$  от контролната, имат барове, пръстени, асиметрии или близки спътници;

- подобни части от Sy,  $(86 \pm 6)\%$ , и контролната  $(83 \pm 6)\%$ , извадка показват морфологични признаци за осевоасиметрични пертурбации на потенциала;
- захранването на Sy ядрата най-вероятно не е директно свързано с морфологията и локалното обкръжение на родителските им галактики.

В светлината на тези резултати е започнато изследване на околоядрените области на извадка от Sy галактики на базата на архивни изображения от HST. Като първи резултати са разкрити ядрен бар и пръстен в Mrk 352 и ядрени прахови ивици в Mrk 590.

## Глава 10. Публикации

### 10.1 Публикации, на които се основава дисертационният труд

1. "Surface Photometry of Barred AGN Arakelian 564", Petrov, G., Slavcheva, L., Bachev, R., Mihov, B. 1999, Active Galactic Nuclei and Related Phenomena, Proceedings of IAU Symposium 194, held 17-21 Aug. 1998, in Yerevan, Armenia, Eds. Y. Terzian, E. Khachikian, and D. Weedman, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p. 84
2. "Multicolour surface photometry of Seyfert galaxies: first results", Slavcheva-Mihova, L. S., Petrov, G. T., Mihov, B. M. 2005, In: Balkan Astronomical Meeting, BAM 2004, 14-18 June 2004, Rozhen, Bulgaria, Aerospace Research in Bulgaria, No. 20, p. 60 (oral presentation)
3. "Adaptive Filter Applications In Surface Photometry Of Galaxies", Slavcheva-Mihova, L. S., Mihov, B. M., Petrov, G. T. 2006, Proceedings of the iAstro MC Meeting & Workshop "VIRTUAL OBSERVATORY: Plate Content Digitation, Archive Mining and Image Sequence Processing", held April, 27-30, 2005 in Sofia, Bulgaria, p. 311-316 (oral presentation)
4. "Optical multiband surface photometry of a sample of Seyfert galaxies. I. Large-scale morphology and local environment analysis of matched Seyfert and inactive galaxy samples", Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B. 2011, A&A, 526, A43

### 10.2 Други публикации

1. "Surface Photometry of Barred Active Galaxies. Wolf-Rayet galaxy NGC 6764", Petrov, G., Slavcheva, L. 1996, ApInv, 7, 76



2. "Spectral Analysis of Seyfert 1 Galaxies", Slavcheva, L. , Petrov, G., Mihov, B. 1998, *Comptes rendus de l'Academie Bulgare des Sciences*, v. 51, N 1-2, 5
3. "Spectrophotometry of Selected AGN: Seyfert Galaxy Akn 564", Slavcheva, L. S., Mihov, B. M., Petrov, G. T., Bachev, R. S. 1999, *Active Galactic Nuclei and Related Phenomena*, Proc. of IAU Symposium 194, held 17-21 Aug. 1998, in Yerevan, Armenia, Eds. Y. Terzian, E. Khachikian, and D. Weedman, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p. 87
4. "Photometric Monitoring of Selected Quasars: The Highly Luminous Quasar HS 1946+7658", Mihov, B., Bachev, R., Strigachev, A., Slavcheva, L., Petrov, G. 1999, *Active Galactic Nuclei and Related Phenomena*, Proc. of IAU Symposium 194, held 17-21 Aug. 1998 in Yerevan, Armenia, Eds. Y. Terzian, E. Khachikian, and D. Weedman, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p. 175
5. "Black Hole Masses and Unification of Seyferts", Bachev, R., Petrov, G., Slavcheva, L., Mihov, B. 1999, *Active Galactic Nuclei and Related Phenomena*, Proc. of IAU Symposium 194, held 17-21 Aug. 1998 in Yerevan, Armenia, Eds. Y. Terzian, E. Khachikian, & D. Weedman, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, p. 311
6. "Search for Optical Variability in Two Seyfert Galaxies", Bachev, R., Slavcheva-Mihova, L. 2000, *Proc. of the Second Serbian-Bulgarian Astronomical Meeting*, Eds. Milan S. Dimitrijević, Luka Č. Popović, and Milcho Tsvetkov. Published by the Astronomical Observatory, Volgina 7, 11000 Belgrade, Yugoslavia, N 67, p.3
7. "CCD Photometry of QSO 0957+561 A & B Using La Palma Archive", Slavcheva-Mihova, L. S., Oknyanskij, V. L., Mihov, B. M. 2001, *Ap&SS*, v. 275, No 4, p. 385
8. "Surface Photometry of NGC 5610 – A Box/Peanut Structure In An Intermediately Inclined Galaxy", Petrov, G., Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B. 2005, *Proc. of the Fourth Serbian-Bulgarian Astronomical Meeting, Held in April, 21-24, 2004, in Belgrade, Serbia*, Publications of the Astronomical Society "Rudjer Boskovic Vol. 5, p. 241
9. "Spectral Observations of Seyfert Galaxies with the Spectrograph UAGS at the Rozhen NAO", Mihov, B., Slavcheva-Mihova, L., Petrov, G. 2006, *Proc. of the Second National Conference of the Bulgarian Astronomical Society Devoted to the 25<sup>th</sup> anniversary of the Rozhen NAO Nov. 11, 2006, Sofia, Bulgaria*, *BulgAJ*, v. 8, p. 49
10. "Multiband optical surface brightness profile decompositions of the Seyfert galaxies Mrk 79 and NGC 5548", Mihov, B., Slavcheva-Mihova, L. 2006, *Proc. of the Second National Conference of the Bulgarian Astronomical Society Devoted to the 25<sup>th</sup> anniversary of the Rozhen NAO Nov. 11, 2006, Sofia, Bulgaria*, *BulgAJ*, v. 8, p. 139
11. "Multicolour Optical Surface Brightness Profiles Decomposition of the Seyfert Galaxies III Zw 2, Mrk 506 and Mrk 509", Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., Petrov, G., Kopchev, V. 2006, *Proc. of the 5<sup>th</sup> Bulgarian-Serbian Conference "Astronomy and*

- Space Science" held May 9-12, 2006, Sofia, Bulgaria, eds. M. K. Tsvetkov, L. G. Filipov, M. S. Dimitrijević, L. Č. Popović, Heron Press Ltd., Sofia 2007, p. 201
12. "UBVRI Photometry of the Possible Binary Open Cluster NGC 6755/NGC 6756", Kopchev, V., Petrov, G., Slavcheva-Mihova, L. 2006, Proc. of the 5<sup>th</sup> Bulgarian-Serbian Conference "Astronomy and Space Science" held May 9-12, 2006, Sofia, Bulgaria, eds. M. K. Tsvetkov, L. G. Filipov, M. S. Dimitrijević, L. Č. Popović, Heron Press Ltd, Sofia 2007, p. 236
  13. "Study of Selected Voids. Faint Galaxies in the Direction of the Void 0049+05", Petrov, G, Slavcheva-Mihova, L., Kopchev, V., Mihov, B. 2006, Proc. of the 5<sup>th</sup> Bulgarian-Serbian Conference "Astronomy and Space Science" held May 9-12, 2006, Sofia, Bulgaria, eds. M. K. Tsvetkov, L. G. Filipov, M. S. Dimitrijević, L. Č. Popović, Heron Press Ltd., Sofia 2007, p. 385
  14. „Извънгалактични изследвания в ИА на БАН. Проект Индивидуални Галактики“, Г. Петров, В. Копчев, Л. Славчева-Михова, В. Михов 2008, Списание на Българската Академия на Науките, брой 3, стр. 60
  15. "Photometric monitoring of the blazar 3C 345 for the period 1996-2006", Mihov, B., Bachev, R., Slavcheva-Mihova, L., Strigachev, A., Semkov, E., Petrov, G. 2008, AN, 329, 77
  16. "Johnson-Cousins magnitudes of comparison stars in the fields of ten Seyfert galaxies", Mihov, B. M., Slavcheva-Mihova, L. S. 2008, AN, 329, 418
  17. "Astronomical Virtual Observatory and the Place and Role of Bulgarian One", Petrov, G., Dechev, M., Slavcheva-Mihova, L., Duchlev, P., Mihov, B., Kopchev, V., Bachev, R., Proc. of the VI Serbian-Bulgarian Astronomical Conference, Belgrade 7-11 May 2008, eds. M. S. Dimitrijević, M. Tsvetkov, L. Č. Popović, V. Golev, Publ. Astr. Soc. "Rudjer Boskovic No. 9, 2009, p. 91-111
  18. "Relation Between Nuclear Activity, Star Formation, and Bulge Mass in Active Galaxies. I. Emission-Line Properties of Seyfert Galaxies in RBSC-NVSS Sample", Mihov, B., Slavcheva-Mihova, L., Petrov, G., & Dennefeld, M., Proc. of the VI Serbian-Bulgarian Astronomical Conference, Belgrade 7-11 May 2008, Eds. M. Dimitrijević, M. Tsvetkov, L. Popović, V. Golev, Publ. Astr. Soc. "Rudjer Boskovic No. 9, 2009, p. 335-342
  19. "UBVRI observations of the flickering of RS Ophiuchi at quiescence", Zamanov, R. K., Boeva, S., Bachev, R., Bode, M. F., Dimitrov, D., Stoyanov, K. A., Gomboc, A., Tsvetkova, S. V., Slavcheva-Mihova, L., et al. 2010, MNRAS, 404, 381
  20. "Optical multiband surface photometry of a sample of Seyfert galaxies. III. Global, isophotal, and bar parameters", Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B. 2011, AN, 332, No. 2, 191

# Библиография

- Afanasiev, V. L., Mikhailov, V. P., & Shapovalova, A. I. 1998, *A&A Trans.*, 16, 257
- Aguerri, J. A. L., Méndez-Abreu, J., & Corsini, E. M. 2009, *A&A*, 495, 491
- Bennert, N., Canalizo, G., Jungwiert, B., et al. 2008, *ApJ*, 677, 846
- Bournaud, F., Combes, F., & Semelin, B. 2005, *MNRAS*, 364, L18
- Buta, R. & Combes, F. 1996, *Fund. Cosmic Phys.*, 17, 95
- Corbin, M. R. 2000, *ApJ*, 536, L73
- Dumas, G., Mundell, C. G., Emsellem, E., & Nagar, N. M. 2007, *MNRAS*, 379, 1249
- Gadotti, D. A., & de Souza, R. E. 2006, *ApJS*, 163, 270
- García-Burillo, S., Combes, F., Schinnerer, E., Boone, F., & Hunt, L. 2005, *A&A*, 441, 1011
- González Delgado, R. M., & Pérez, E. 1997, *MNRAS*, 284, 931
- Harris, W. E., Fitzgerald, M. P., & Reed, B. C. 1981, *PASP*, 93, 507
- Hernquist, L., & Mihos, J. C. 1995, *ApJ*, 448, 41
- Ho, L. C. 1999, *Observational Evidence for Black Holes in the Universe*, ed. S. K. Chakrabarti (Dordrecht: Kluwer), 234, 157
- Ho, L. C., Filippenko, A. V., & Sargent, W. 1997, *ApJ*, 487, 591
- Hunt, L. K., & Malkan, M. A. 1999, 516, 660
- Hunt, L. K., Malkan, M. A., Moriondo, G., & Salvati, M. 1999, *ApJ*, 510, 637
- Jogee, S. 2006, *Physics of Active Galactic Nuclei at all Scales*, eds. D. Alloin, R. Johnson, P. Lira, *LNP*, 693, 143
- Laine, S., Shlosman, I., Knapen, J. H., & Peletier, R. F. 2002, *ApJ*, 567, 97
- Laurikainen, E., Salo, H., & Buta, R. 2004a, *ApJ*, 607, 103
- Marinova, I., & Jogee, S. 2007, *ApJ*, 659, 1176

- Martin, P. 1995, *AJ*, 109, 2428
- Martinet, L., & Friedli, D. 1997, *A&A*, 323, 363
- Mihov, B. M., & Slavcheva-Mihova, L. S. 2008, *AN*, 329, 418
- Mihov, B. M., & Slavcheva-Mihova, L. S. 2011, *A&A*, in prep.
- Peterson, B. M., Ferrarese, L., Gilbert, K. M., et al. 2004, *ApJ*, 613, 682
- Petrov, G., Slavcheva, L., Bachev, R., & Mihov, B. 1999, *Active Galactic Nuclei and Related Phenomena*, Proc. IAU Symp. 194, 17-21 Aug. 1998, Yerevan, Armenia, Ed. Y. Terzian, E. Khachikian, & D. Weedman, Astronomical Society of the Pacific, 84
- Roche, N., & Eales, S. A. 2000, *MNRAS*, 317, 120
- Sakamoto, K., Okumura, S. K., Ishizuki, S., & Scoville, N. Z. 1999, *ApJ*, 525, 691
- Schmitt, H. R. 2004, *The Interplay among Black Holes, Stars and ISM in Galactic Nuclei*, ed. Th. S. Bergmann, L. C. Ho, & H. R. Schmitt, Proc. of IAU Symp., 222, 395
- Shen, J., & Sellwood, J. A. 2004, *ApJ*, 604, 614
- Sheth, K., Vogel, S., Regan, M., Thornley, M., & Teuben, P. 2005, *ApJ*, 632, 217
- Shlosman, I., Peletier, R. F., & Knapen, J. H. 2000, *ApJ*, 535, L83
- Simkin, S. M., Su, H. J., & Schwarz, M. P. 1980, *ApJ*, 237, 404
- Simões Lopes, R., Storchi-Bergmann, T., de Fátima, S., Martini, P. 2007, *ApJ*, 655, 718
- Slavcheva-Mihova, L., Mihov, B., & Petrov, G. 2006, *Virtual Observatory: Plate Content Digitization, Archive Mining & Image Sequence Processing*, iAstro Workshop Proc., 311
- Slavcheva-Mihova, L., & Mihov, B., 2011a, *A&A*, 526, A43
- Slavcheva-Mihova, L., & Mihov, B., 2011b, *AN*, 332, No. 2, 191
- Slavcheva-Mihova, L., Petrov, G., & Mihov, B. 2005, In: *Balkan Astronomical Meeting, 14-18 June 2004, Rozhen, Bulgaria, Aerospace Research in Bulgaria*, No. 20, p. 60
- Smith, B. J., Struck, C., Hancock, M., et al. 2007, *AJ*, 133, 791
- Terlevich, R., Melnick, J., & Moles, M. 1987, *Observational Evidence of Activity in Galaxies*, ed. E. Khachikian, K. Fricke, & J. Melnick, Proc. of IAU Symp., 121, 499
- Véron-Cetty, M.-P. & Véron, P. 1998, *ESO Scientific Report Series, Vol. 18, A Catalogue of quasars and active nuclei*, 8th ed. (Garching: ESO)
- Vennik, J., Hopp, U., & Popescu, C.C. 2000, *A&AS*, 142, 399
- Virani, S. N., De Robertis, M. M., VanDalsen, M. L.: 2000, *AJ* 120, 1739

# Abstract

We analysed the evidence of non-axisymmetric perturbation of the potential in a sample of 35 Seyfert galaxies and in a matched sample of inactive galaxies on the basis of a detailed morphological characterization.

1. We presented a detailed morphological characterization of a sample of 35 Seyfert galaxies. We scrutinized various images, residuals, maps, and profiles in order to reveal galaxy structures that could be important for the fueling of Seyfert nuclei, as well as for the proper photometric decomposition, which is ongoing. The careful analysis of these data on an individual, case-by-case basis, has led to a more explicit morphological status of a part of the galaxies, resulting in improved morphological type accuracy, and to new structural components and features being unveiled:
  - we revealed a bar in Ark 479, an oval/lens in Mrk 595, inner rings in Ark 120 and Mrk 376, and features of possible tidal origin in 3C 382 and NGC 7603 for the first time to our knowledge;
  - we discussed some structures of controversial/unclear morphology in Mrk 573, Mrk 376, NGC 3227, NGC 3516, Mrk 279, Mrk 506, 3C 382, and NGC 7469.
2. We compared the large-scale morphology and local environment of the Seyfert sample and a control one, matched in morphological type, radial velocity, absolute  $B$  magnitude, and ellipticity, with the following main results:
  - we found similar fractions of bars in the Seyfert,  $(49 \pm 8)\%$ , and control,  $(46 \pm 8)\%$ , galaxy sample;
  - the Seyfert bars are weaker than the bars in the control sample with median deprojected bar ellipticity values of 0.39 vs. 0.49, respectively, at the 95% confidence level;
  - the weaker Sy bars may be related to the generally larger cold gas amounts reported in their disks in the context of angular momentum transfer;
  - the incidence of rings in the Seyfert and control sample is similar –  $(49 \pm 8)\%$  and  $(54 \pm 8)\%$ , respectively;
  - practically equal parts of the Seyfert,  $(44 \pm 9)\%$ , and control,  $(43 \pm 8)\%$ , sample have at least one close physical companion;

- there is no correlation between the presence of asymmetries and companions for both samples; minor mergers, at least without companions, do not occur in the Seyfert sample more often than in the control one;
- the vast majority of both samples,  $(91 \pm 5)\%$  of the Seyfert and  $(94 \pm 4)\%$  of the control one, have bars, rings, asymmetries, or close companions;
- similar fractions of the Seyfert,  $(86 \pm 6)\%$ , and control,  $(83 \pm 6)\%$ , sample show morphological evidence of non-axisymmetric perturbations of the potential;
- the fueling of Seyfert nuclei does not appear directly related to the large-scale morphology and local environment of their host galaxies.

In the framework of our results we have started a study of the circumnuclear regions of a sample of Seyfert galaxies using HST archival images. As first results of this research, we revealed a nuclear bar and ring in Mrk 352 and nuclear dust lanes in Mrk 590.