

Летняя школа "Наблюдательная и теоретическая космология"



Лабораторная работа: Исследование слабых галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004

Нижний Архыз, САО РАН
24 Августа, 2011г.

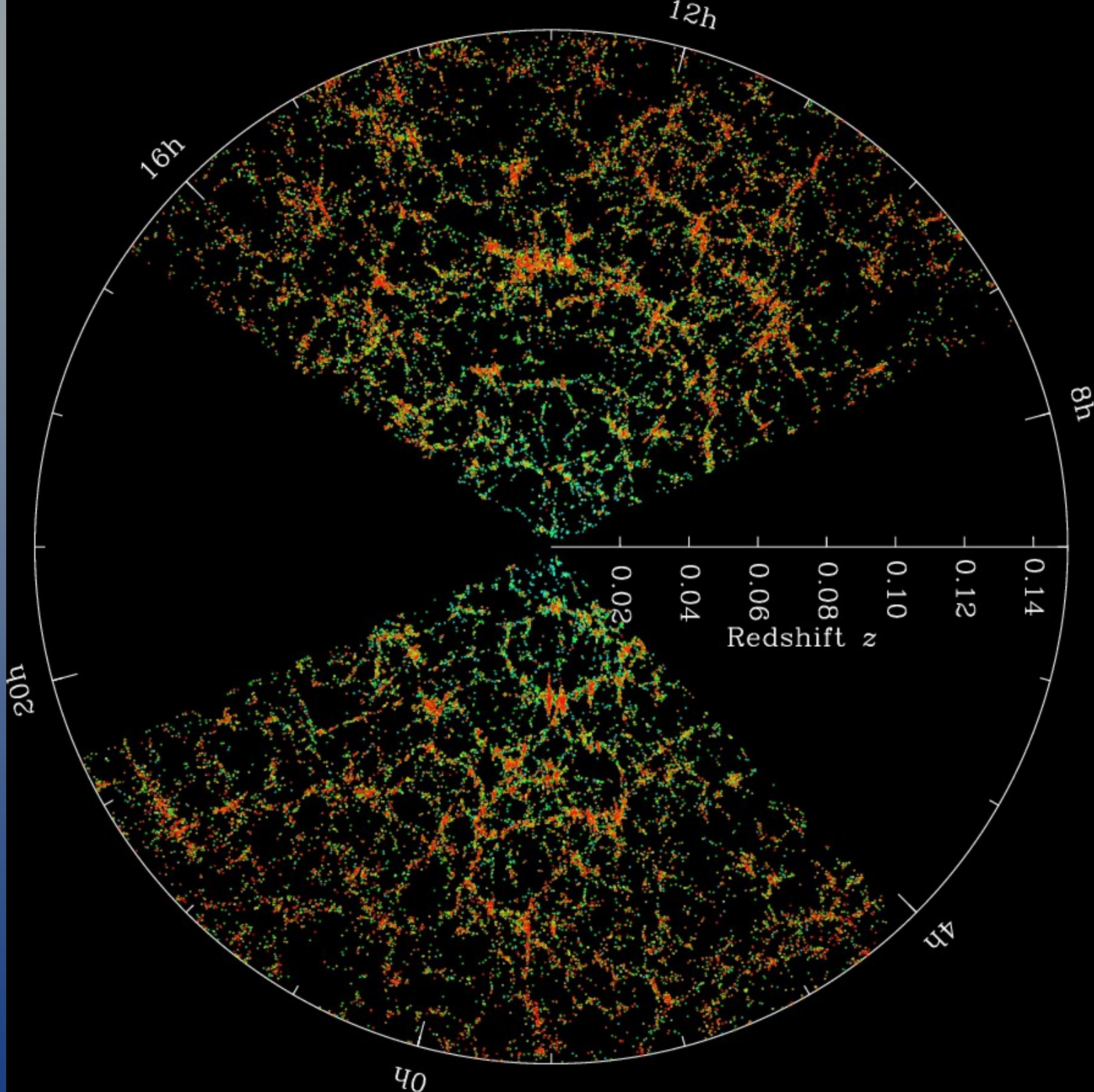
Содержание Работы

- Постановка задачи.
- Широкоугольные и узкоугольные обзоры.
- Глубокое поле GRB 021004 на БТА.
- Первичная обработка кадров.
- Мировые координаты.
- SExtractor.
- Фотометрическая калибровка.
- Сравнение кадров.
- HyperZ.
- Результаты.
- Список литературы.

Постановка задачи

Целью этой работы является выделение и исследование далеких галактик глубокого поля GRB 021004, наблюдавшегося в программе оптических отождествлений гамма-всплесков.

Данные по этому полю удалось получить в достаточно хороших наблюдательных условиях. Для его обработки необходимо провести первичную редукцию прямых снимков, выделить на изображении слабые галактики, сделать фотометрию в четырех фильтрах (B, V, R, I), оценить фотометрические красные смещения и построить зависимости между разными наблюдаемыми величинами, включая распределение галактик по красным смещениям $N(z)$.



Глубина
широкоугольного
спектрального
обзора галактик
SDSS MG

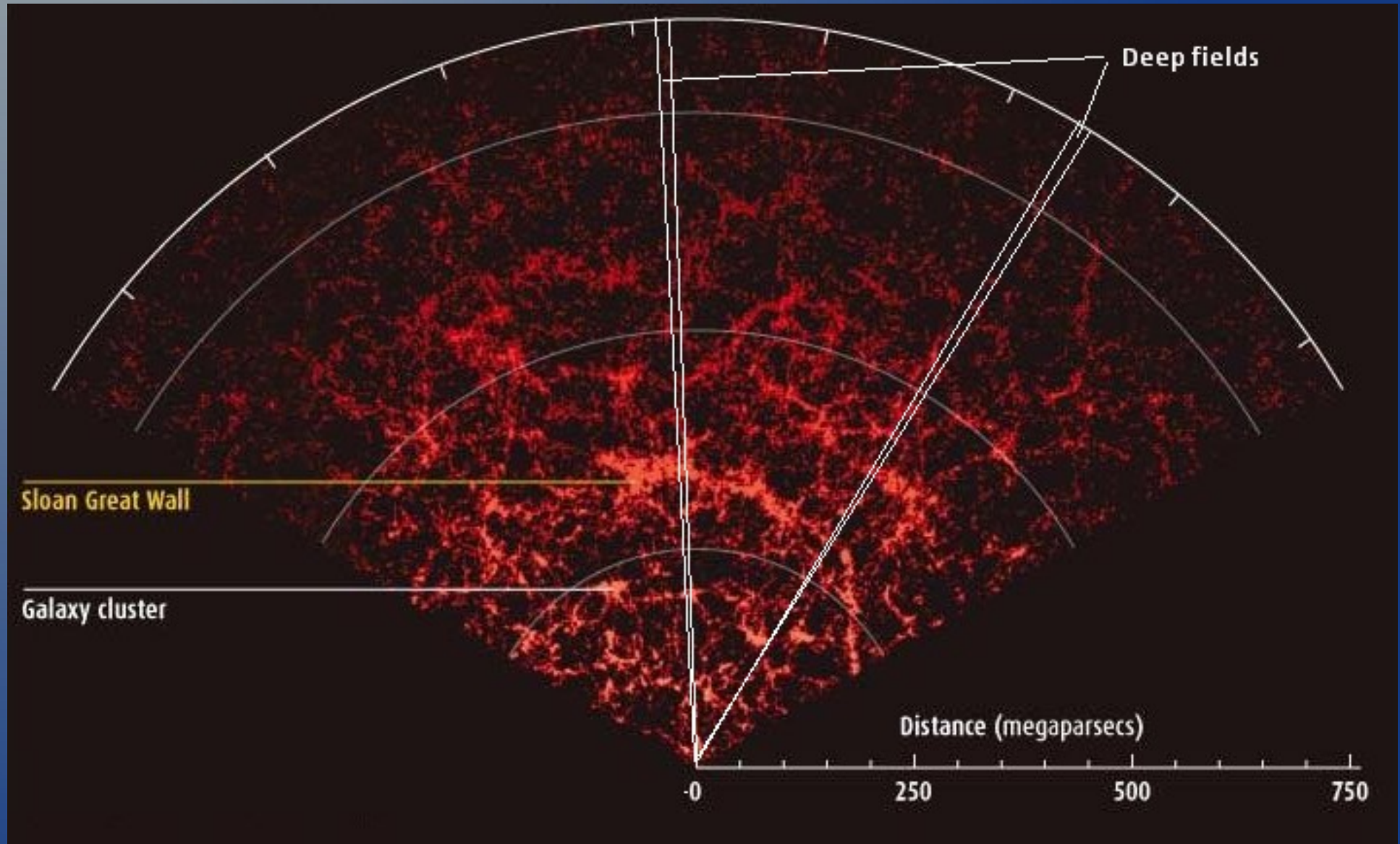
$Z_{sp} \sim 0.2$

$d \sim 600 \text{ Mpc}/h$

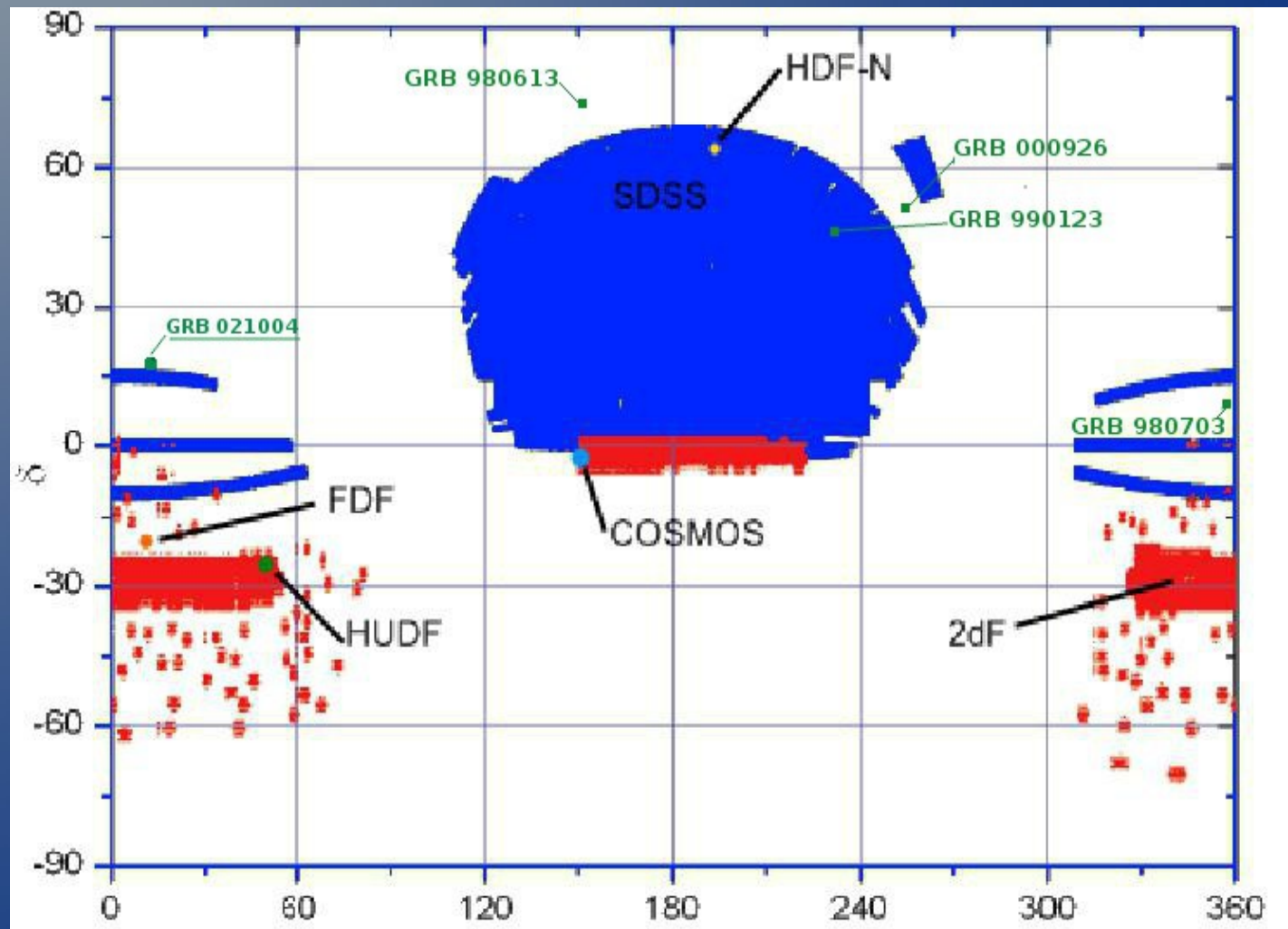
Наблюдения z_{sp}
ограничены :

$m_r < 17.8$

Широкоугольные обзоры и глубокие поля: SDSS Main Galaxy Redshift Survey and Deep Fields



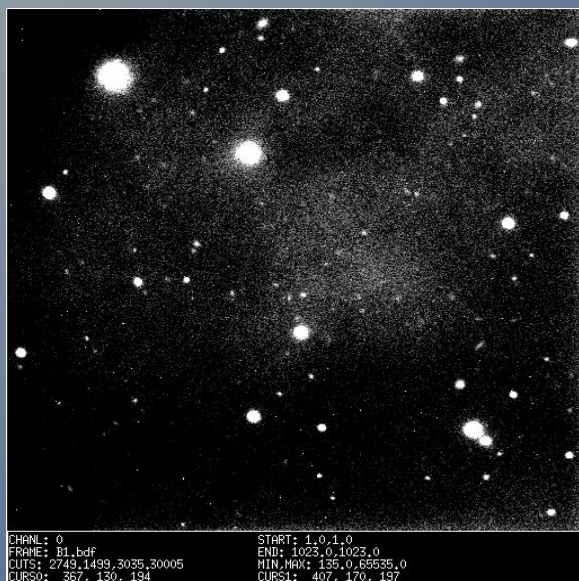
Широкоугольные обзоры и глубокие поля: положение на небе



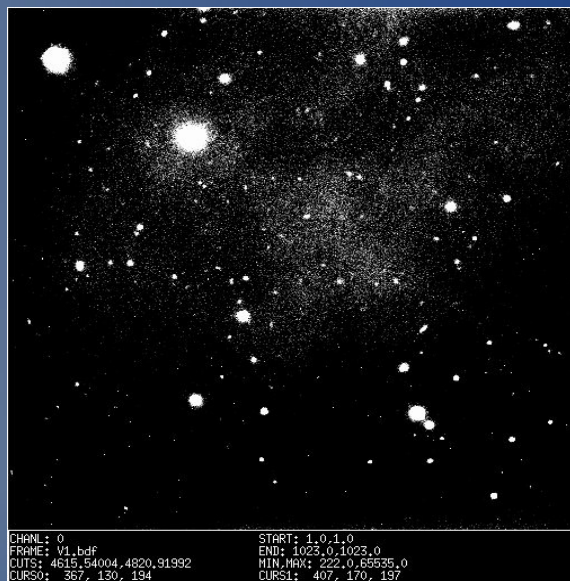
Глубокое поле GRB 021004 на БТА

RA: 00^h 26^m 55^s.0

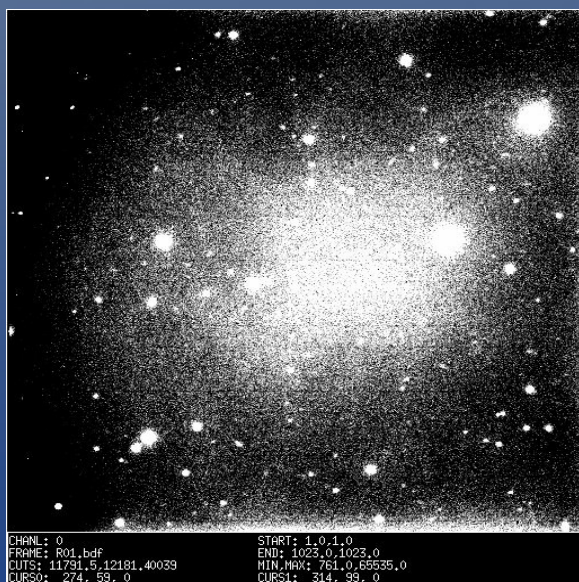
DEC: 18^o 56' 00".0



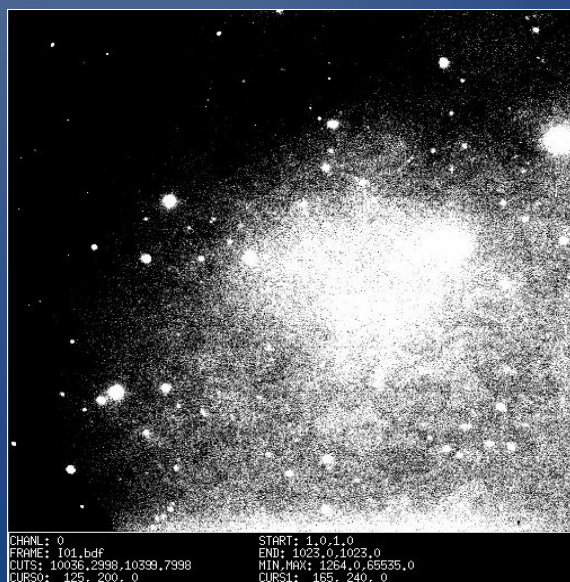
B



V



R



I

Гамма-всплеск
GRB 021004

Дата
Дек, 2002

Фильтры
BVRI

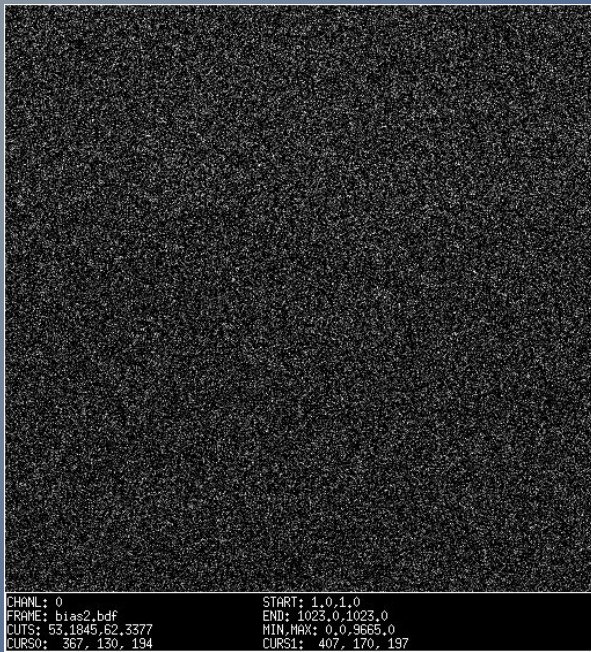
FWHM
1".5

Время экспозиции,
количество кадров
600x6, 450x13,
180x15, 120x14

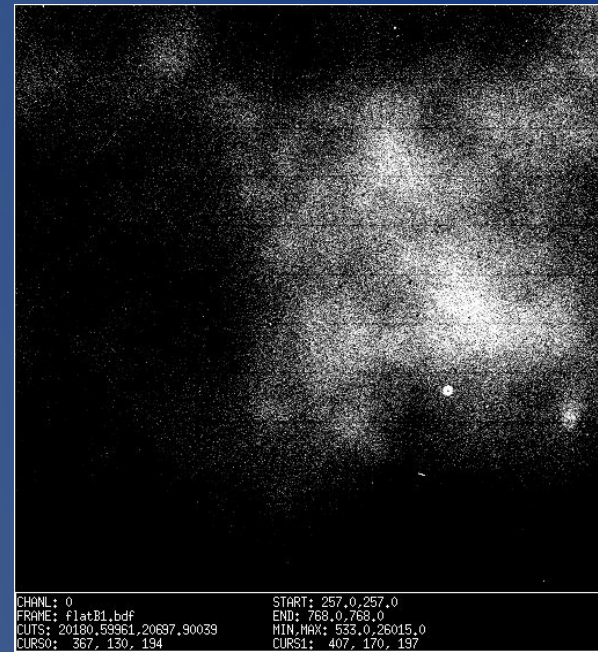
$m_B \sim 28$

4.5 x 4.16 Угловых минут

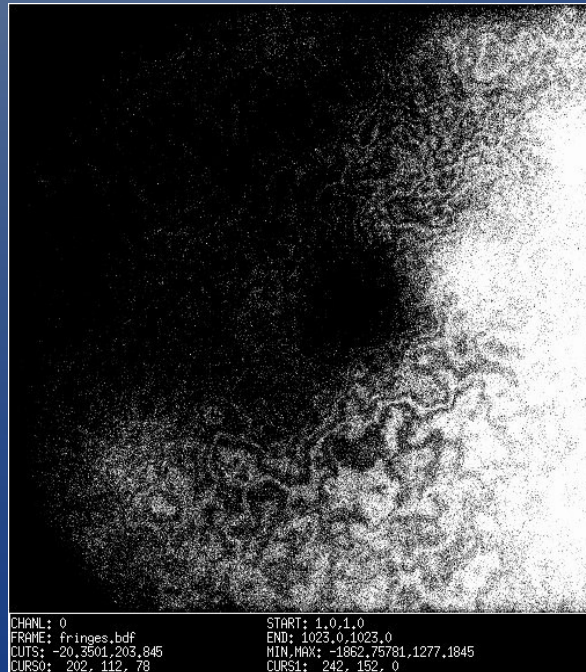
Первичная обработка кадров



Bias

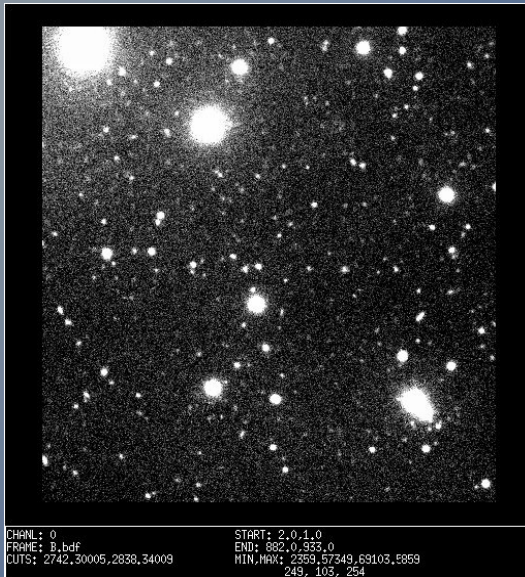


Flat

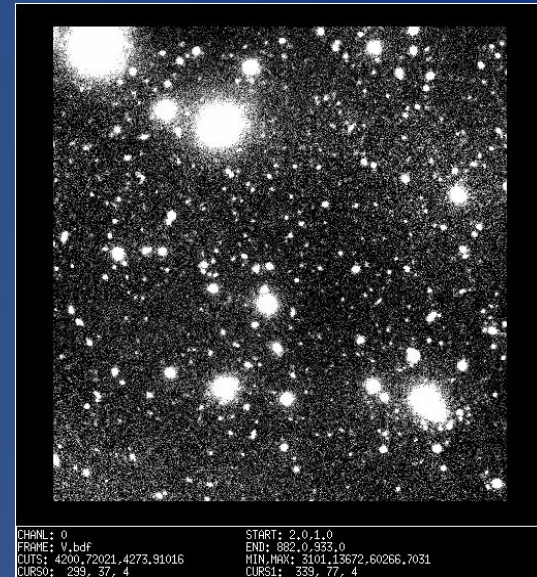


Fringes

Мировые координаты

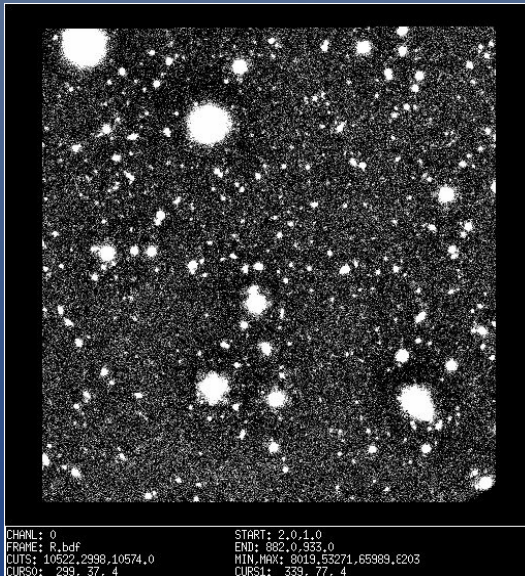


B

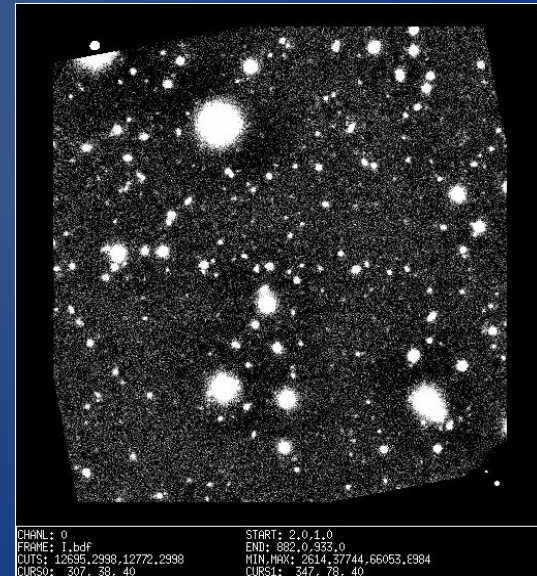


V

Готовые Кадры



R



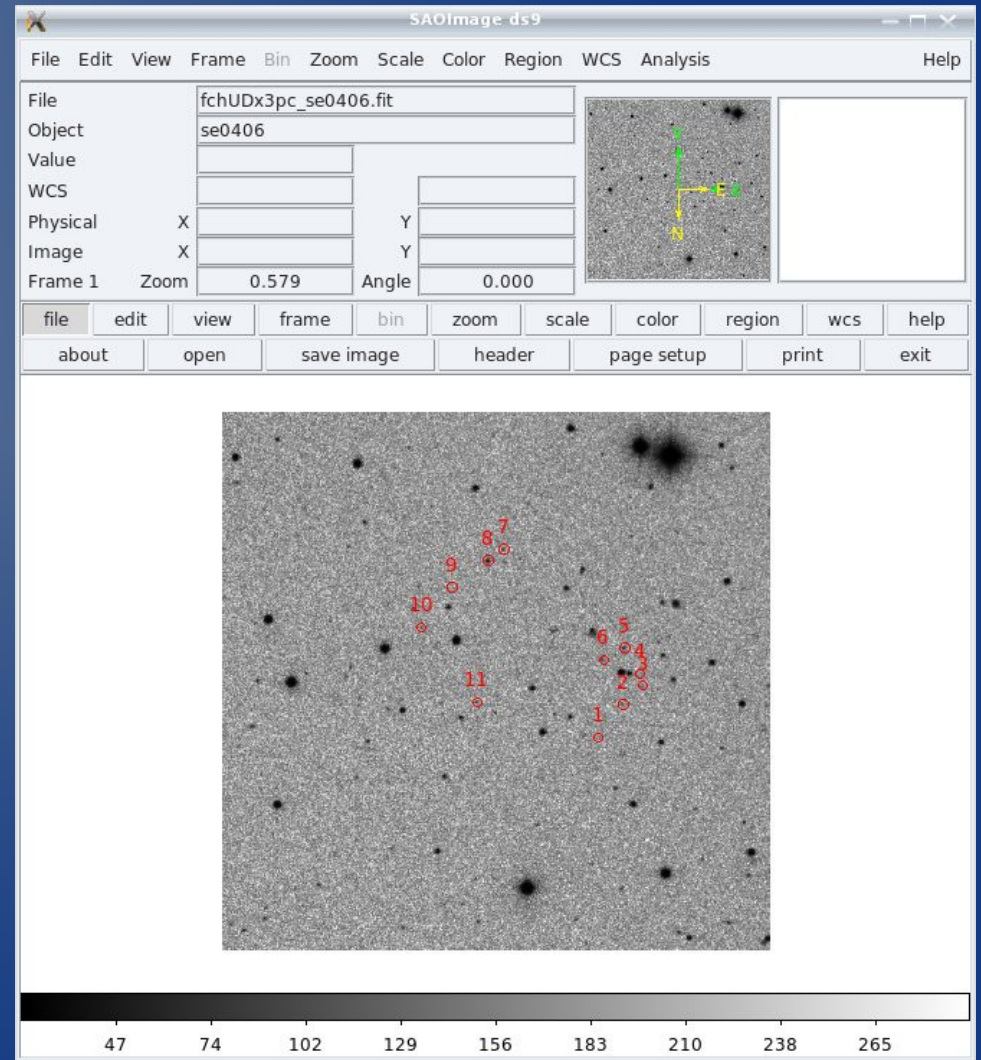
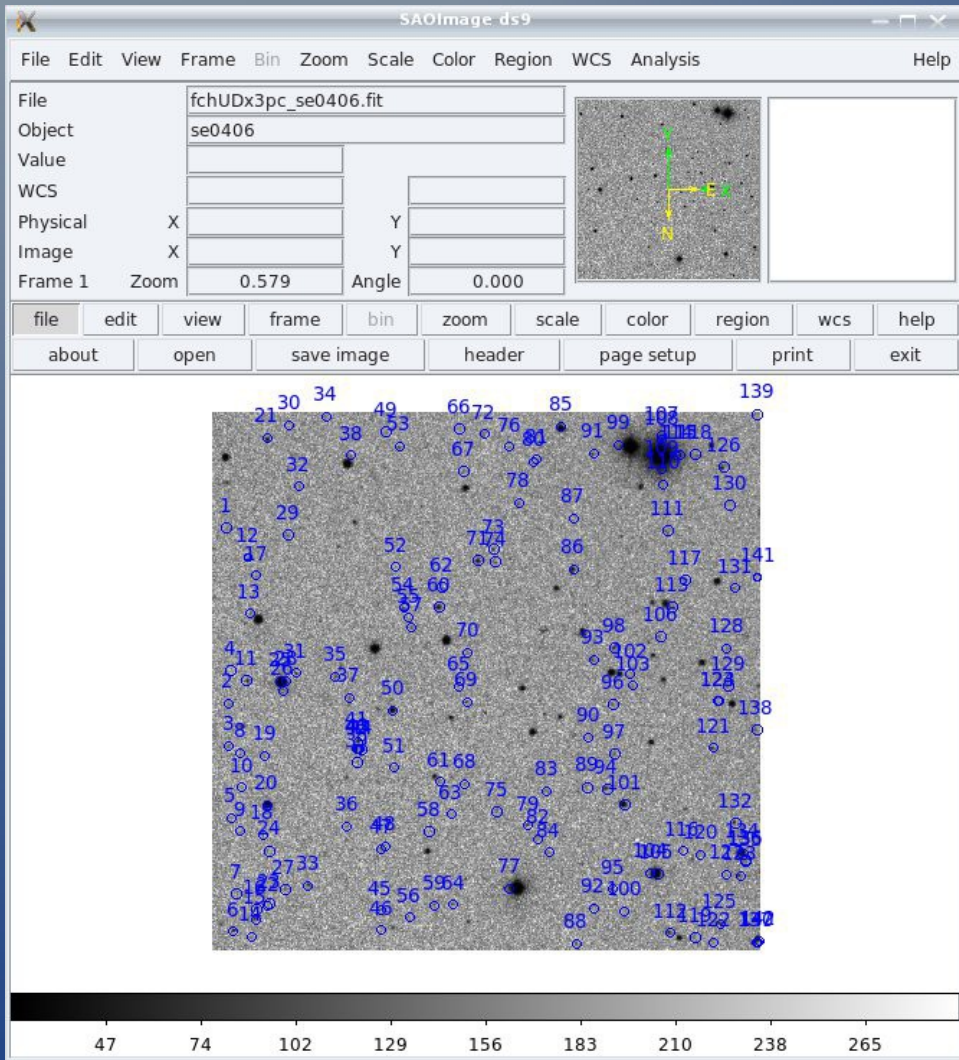
I

<http://www.nofs.navy.mil/data/FchPix/>

RA: 00^h 26^m 55^s.0

DEC: 18^o 56' 00".0

Ds9



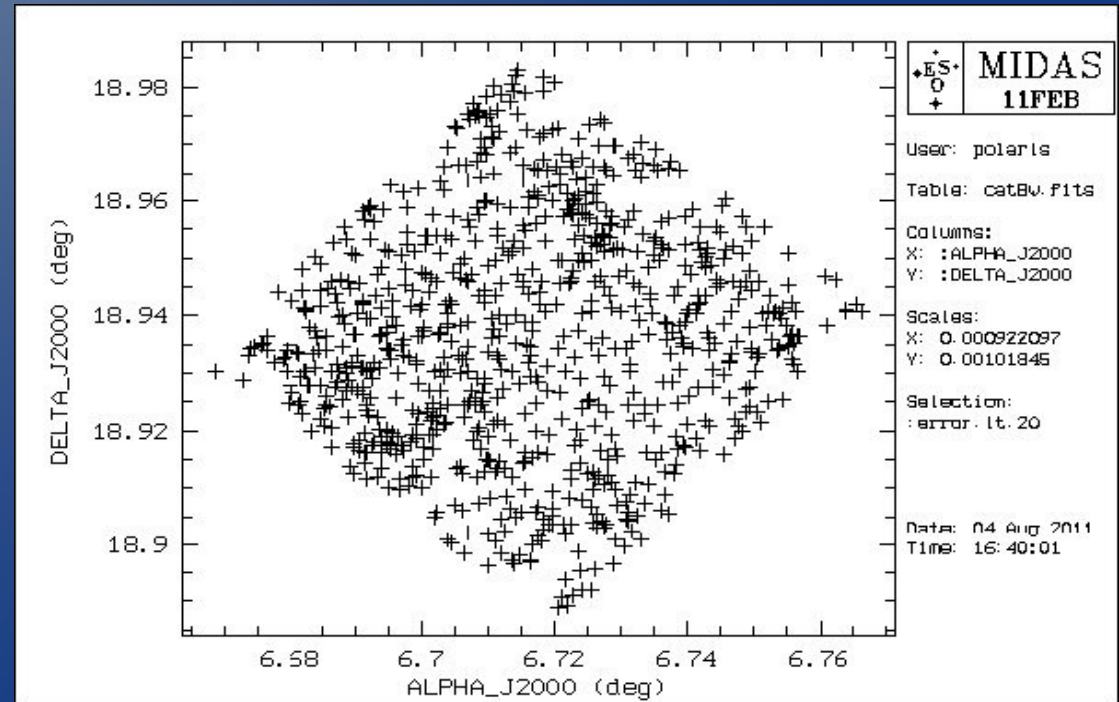
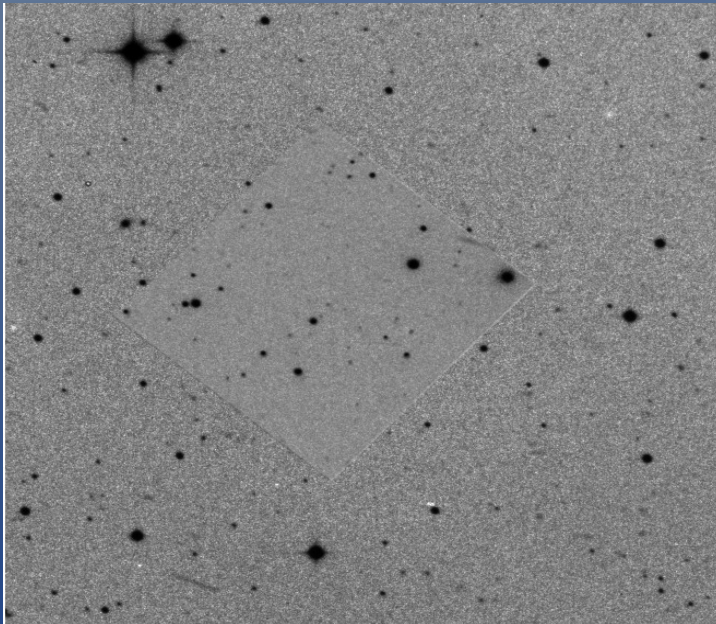
Координаты в пикселах

α

δ

5.79652923583984e+02	6.37736816406250e+01	00:27:02.942	+18:57:02.75,5
7.47923767089844e+02	1.02920181274414e+02	00:27:04.880	+18:56:25.42,5
8.54434265136719e+02	1.04810699462891e+02	00:27:06.397	+18:56:05.13,5
8.77480468750000e+02	1.50108963012695e+02	00:27:06.154	+18:55:51.56,5
9.02369934082031e+02	2.68501007080078e+02	00:27:05.001	+18:55:22.67,5
8.08064941406250e+02	2.87949371337891e+02	00:27:03.359	+18:55:35.64,5
8.07163146972656e+02	8.87173522949219e+02	00:26:55.630	+18:53:31.96,5
7.30301513671875e+02	8.92784179687500e+02	00:26:54.439	+18:53:44.68,5
5.52162689208984e+02	9.05883056640625e+02	00:26:51.667	+18:54:14.50,5
3.54587387084961e+02	8.66194519042969e+02	00:26:49.287	+18:54:59.19,5
3.20599594116211e+02	4.92436096191406e+02	00:26:53.568	+18:56:22.78,5

Image World Coordinate Setting Program (imwcs)



SExtractor

----- Extraction -----

```
DETECT_TYPE    CCD                # "CCD" or "PHOTO"
FLAG_IMAGE     flag.fits          # filename for an input FLAG-image
DETECT_MINAREA 3                  # minimum number of pixels above threshold
DETECT_THRESH  1.0                # <sigmas> or <threshold>,<ZP> in mag.arcsec-2
ANALYSIS_THRESH 3.0              # <sigmas> or <threshold>,<ZP> in mag.arcsec-2

FILTER         Y                  # apply filter for detection ("Y" or "N")?
FILTER_NAME    /usr/share/sExtractor/default.conv # name of the file containing the filter

DEBLEND_NTHRESH 64                # Number of deblending sub-thresholds
DEBLEND_MINCONT 0.00001           # Minimum contrast parameter for deblending

CLEAN          Y                  # Clean spurious detections? (Y or N)?
CLEAN_PARAM    1.0                # Cleaning efficiency

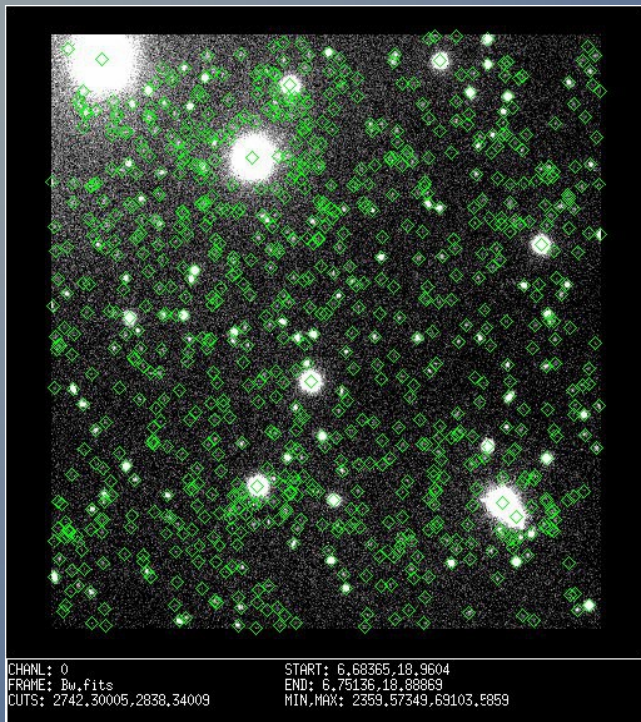
MASK_TYPE      CORRECT            # type of detection MASKing: can be one of
                                   # "NONE", "BLANK" or "CORRECT"
```

#----- Photometry -----

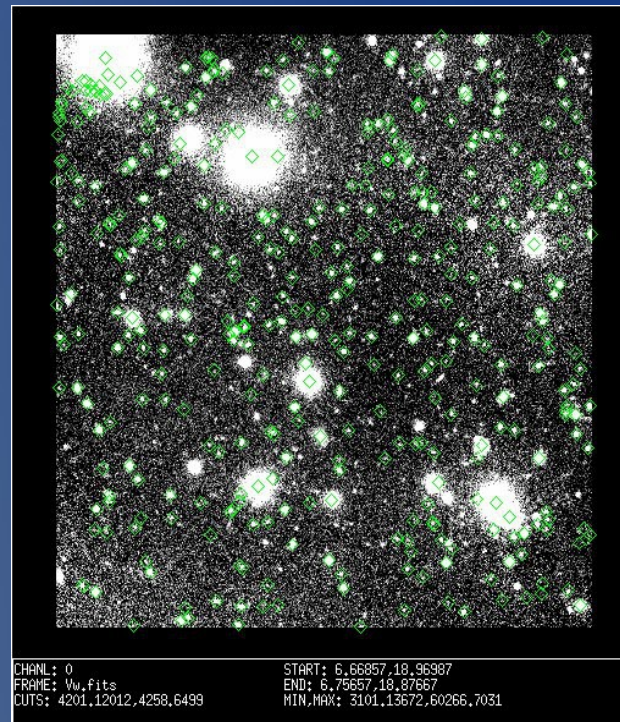
```
PHOT_APERTURES 5                  # MAG_APER aperture diameter(s) in pixels
PHOT_AUTOPARAMS 2.5, 3.5          # MAG_AUTO parameters: <Kron_fact>,<min_radius>

SATUR_LEVEL    45000.0            # level (in ADUs) at which arises saturation

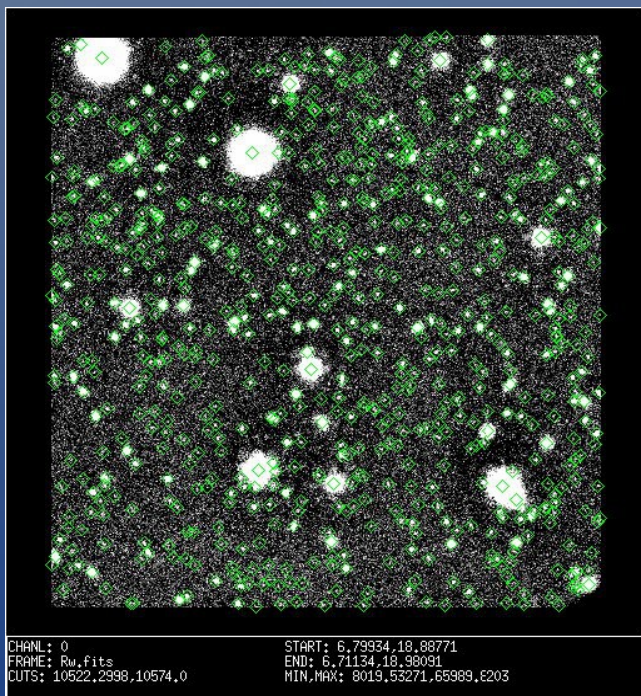
MAG_ZEROPOINT  0.0                # magnitude zero-point
MAG_GAMMA      4.0                # gamma of emulsion (for photographic scans)
GAIN           1.2                # detector gain in e-/ADU
PIXEL_SCALE    1.0                # size of pixel in arcsec (0=use FITS WCS info)
```

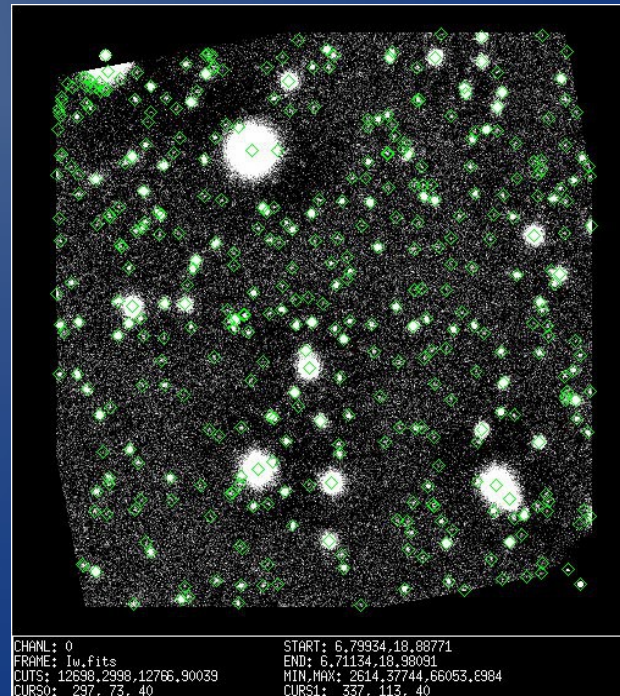
B = 838



V = 672



R = 738



I = 396

Фотометрическая калибровка

Предельные звездные величины в каждом фильтре:
B = 28.5, V = 28.0, Rc = 27.0, Ic = 26.5.

STATIS/TABL standards.tbl :B_b

Mean value : 33.187950 , Standard dev.: 0.52156098E-01

deselect star 3:

SELECT/TABL standards.tbl SEQ.ne.3

STATIS/TABL standards.tbl :V_v

Mean value : 33.084290 , Standard dev.: 0.48332270E-01

deselect star 2 and 11:

SELECT/TABL standards.tbl SEQ.ne.2.and.SEQ.ne.11

STATIS/TABL standards.tbl :R_r

32.235191 , Standard dev.: 0.47704581E-01

deselect star 11 and 12:

SELECT/TABL standards.tbl SEQ.ne.11.and.SEQ.ne.12

STATIS/TABL standards.tbl :I_i

Mean value : 31.509949 , Standard dev.: 0.48654657E-01

COMPUT/TABL catB.fits :MAG = :MAG_BEST + 33.187950

COMPUT/TABL catB.fits :ERROR = SQRT((:MAGERR_BEST)**2+(0.52156098E-01)**2)

COMPUT/TABL catV.fits :MAG = :MAG_BEST + 33.084290

COMPUT/TABL catV.fits :ERROR = SQRT((:MAGERR_BEST)**2+(0.48332270E-01)**2)

COMPUT/TABL catR.fits :MAG = :MAG_BEST + 32.235191

COMPUT/TABL catR.fits :ERROR = SQRT((:MAGERR_BEST)**2+(0.47704581E-01)**2)

COMPUT/TABL catI.fits :MAG = :MAG_BEST + 31.509949

COMPUT/TABL catI.fits :ERROR = SQRT((:MAGERR_BEST)**2+(0.48654657E-01)**2)

```
# Enter right ascension (HH:MM:SS): 00:26:56.149
# Enter declination (SDD:MM:SS): 18:55:43.65
## GLON GLAT E(B-V) AU AB AV AR AI
# 114.925 -43.562 0.072890 0.396 0.315 0.242 0.195 0.141
```

Deselect stars:

```
SELECT/TABL catB.fits :CLASS_STAR.lt.0.8
```

```
SELECT/TABL catV.fits :CLASS_STAR.lt.0.8
```

```
SELECT/TABL catR.fits :CLASS_STAR.lt.0.8
```

```
SELECT/TABL catI.fits :CLASS_STAR.lt.0.8
```

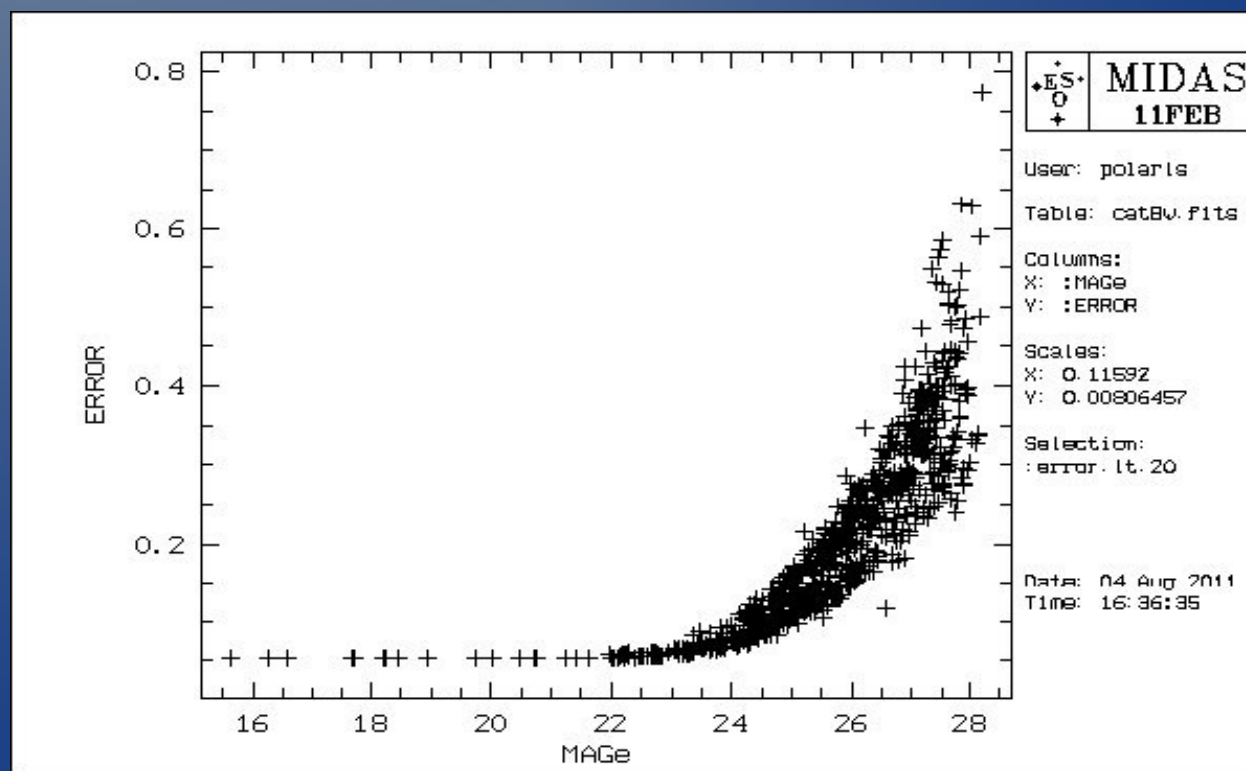
Apply galaxy extinction:

```
COMPUT/TABL catB.fits :MAGe = :MAG + 0.315
```

```
COMPUT/TABL catV.fits :MAGe = :MAG + 0.242
```

```
COMPUT/TABL catR.fits :MAGe = :MAG + 0.195
```

```
COMPUT/TABL catI.fits :MAGe = :MAG + 0.141
```



Сравнение полей

Общее число галактик в фильтре B = 838

Общее число галактик в фильтре V = 672

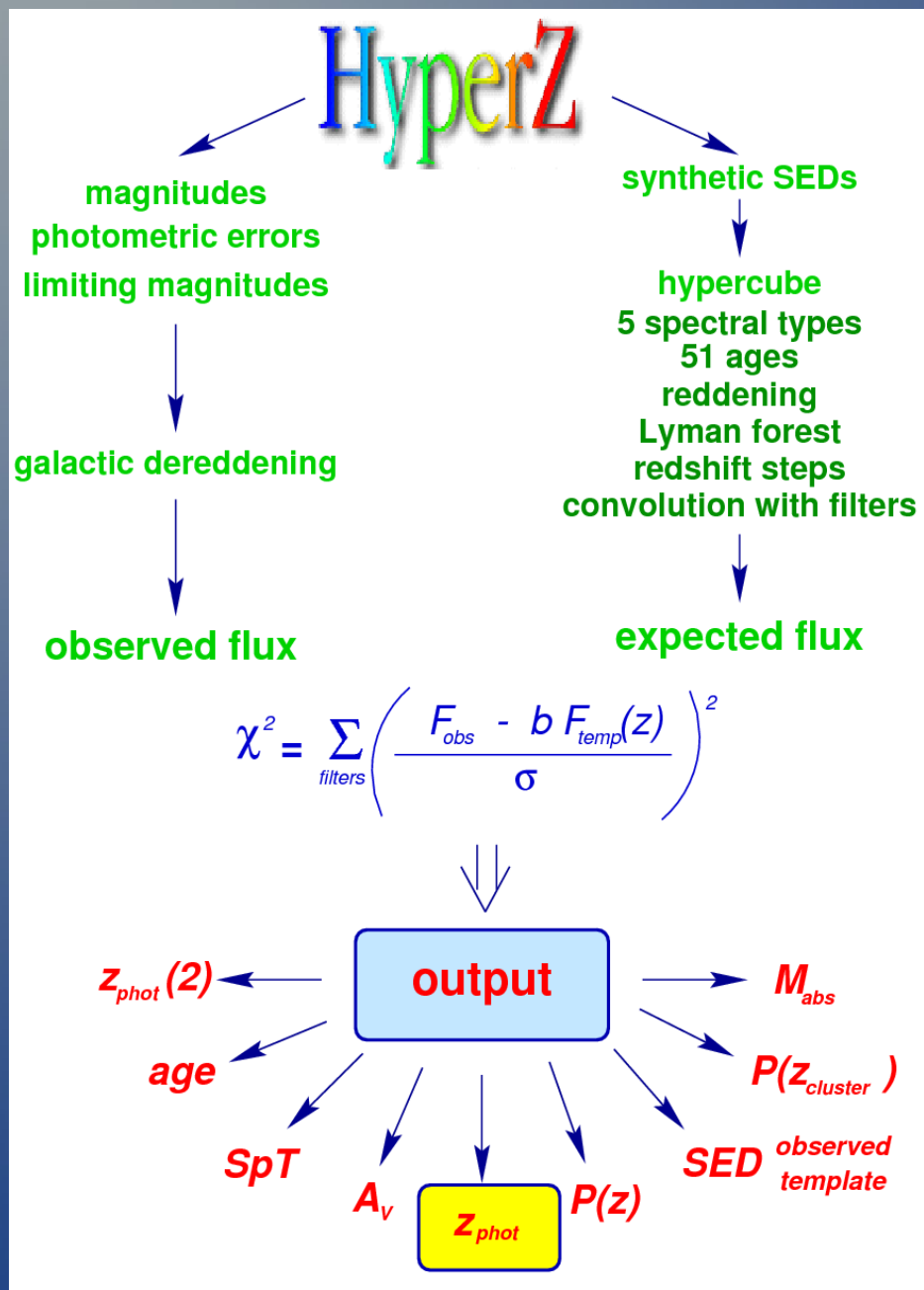
Общее число галактик в фильтре R = 738

Общее число галактик в фильтре I = 396

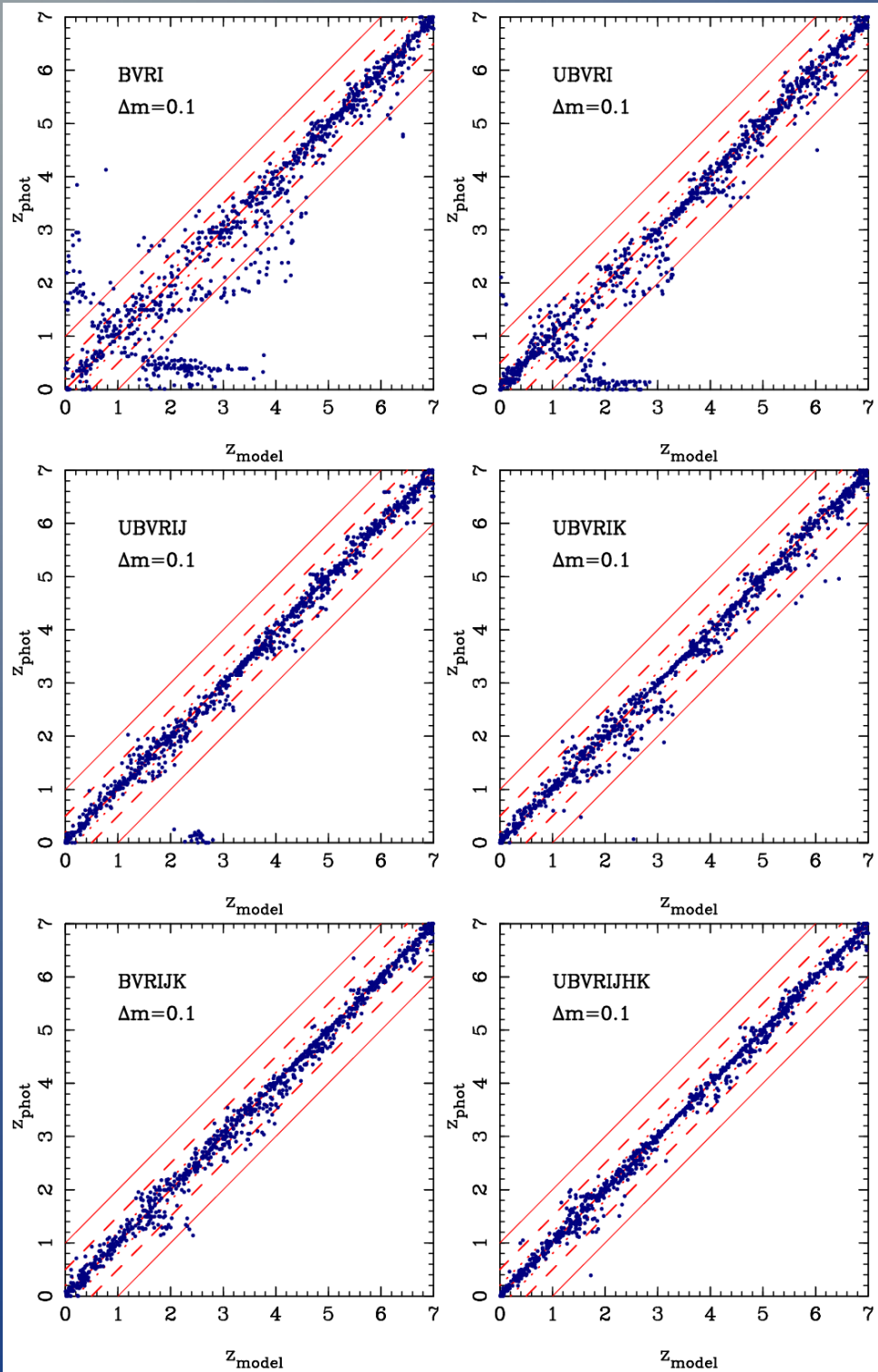
Число общих галактик видимых во всех фильтрах = 250

Num	B	V	R	I	Berror	Verror	Rerror	Ierror
1	22.01	21.42	20.79	19.92	0.05	0.04	0.04	0.04
2	16.56	16.40	15.90	14.99	0.05	0.04	0.04	0.04
3	23.58	22.19	20.77	19.80	0.07	0.05	0.04	0.04
4	20.75	19.28	17.85	17.45	0.05	0.04	0.04	0.04
5	24.43	23.90	23.43	22.99	0.07	0.07	0.07	0.10
6	23.29	22.11	21.31	20.58	0.05	0.05	0.04	0.05
7	25.62	25.18	24.90	24.02	0.13	0.10	0.17	0.01
8	22.00	20.90	19.99	19.29	0.05	0.04	0.04	0.04
9	22.72	22.57	22.90	22.03	0.05	0.05	0.06	0.06
10	23.10	23.13	22.72	22.07	0.06	0.05	0.05	0.07

HyperZ



Важными выходными данными являются: Фотометрическое красное смещение z_{phot} , которое удовлетворяет минимальному “ χ^2 ”, $S/N = 3$ (по умолчанию), спектральный класс, возраст, экстинция, лучший $F(\lambda)$ для подгонки SED, вероятность относительно минимального “ χ^2 ” для каждого шага по красному смещению, вероятность на данном красном смещении, абсолютные звездные величины для каждой полосы и т.д.



Comparison between z_{model} and z_{phot} for simulated catalogues with $\Delta m = 0.1$ and filter sets BVRI, UBVRl, UBVRlJ, UBVRlK, BVRIJK, UBVRlJHK.

Измерение красных смещений галактик

Фотометрические красные смещения

$$\chi^2(z) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{F_{obs,i} - b \cdot F_{temp,i}(z)}{\sigma^2} \right]^2$$

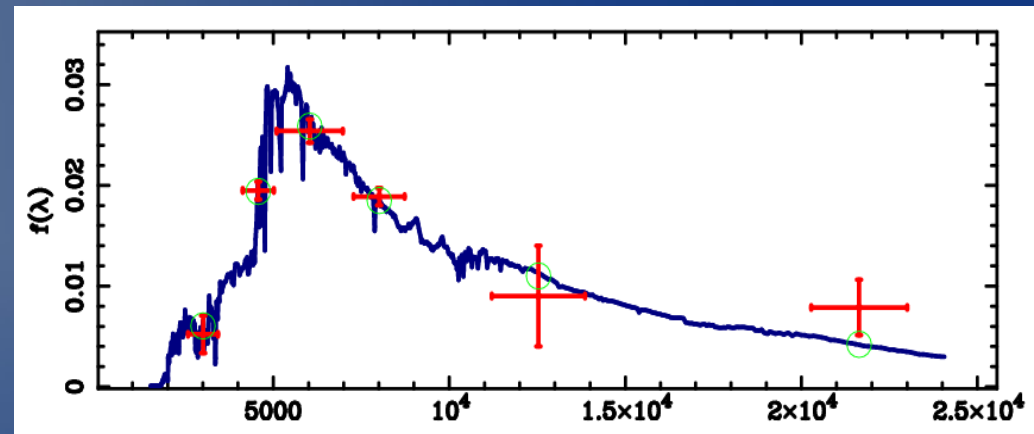
σ — Отклонения потоков

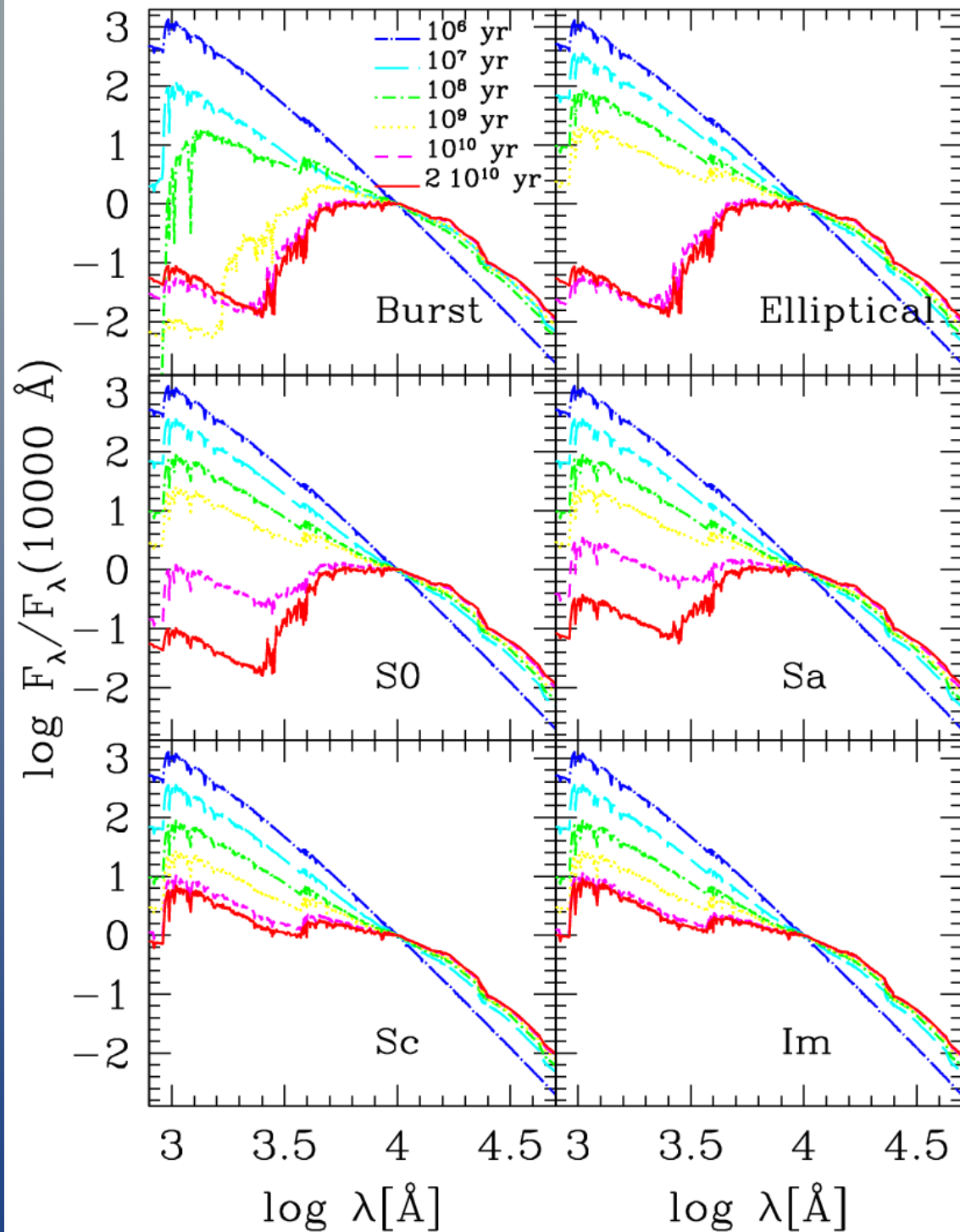
$F_{temp,i}(z)$ — Поток в шаблонном спектре

$F_{obs,i}$ — Наблюдаемый поток

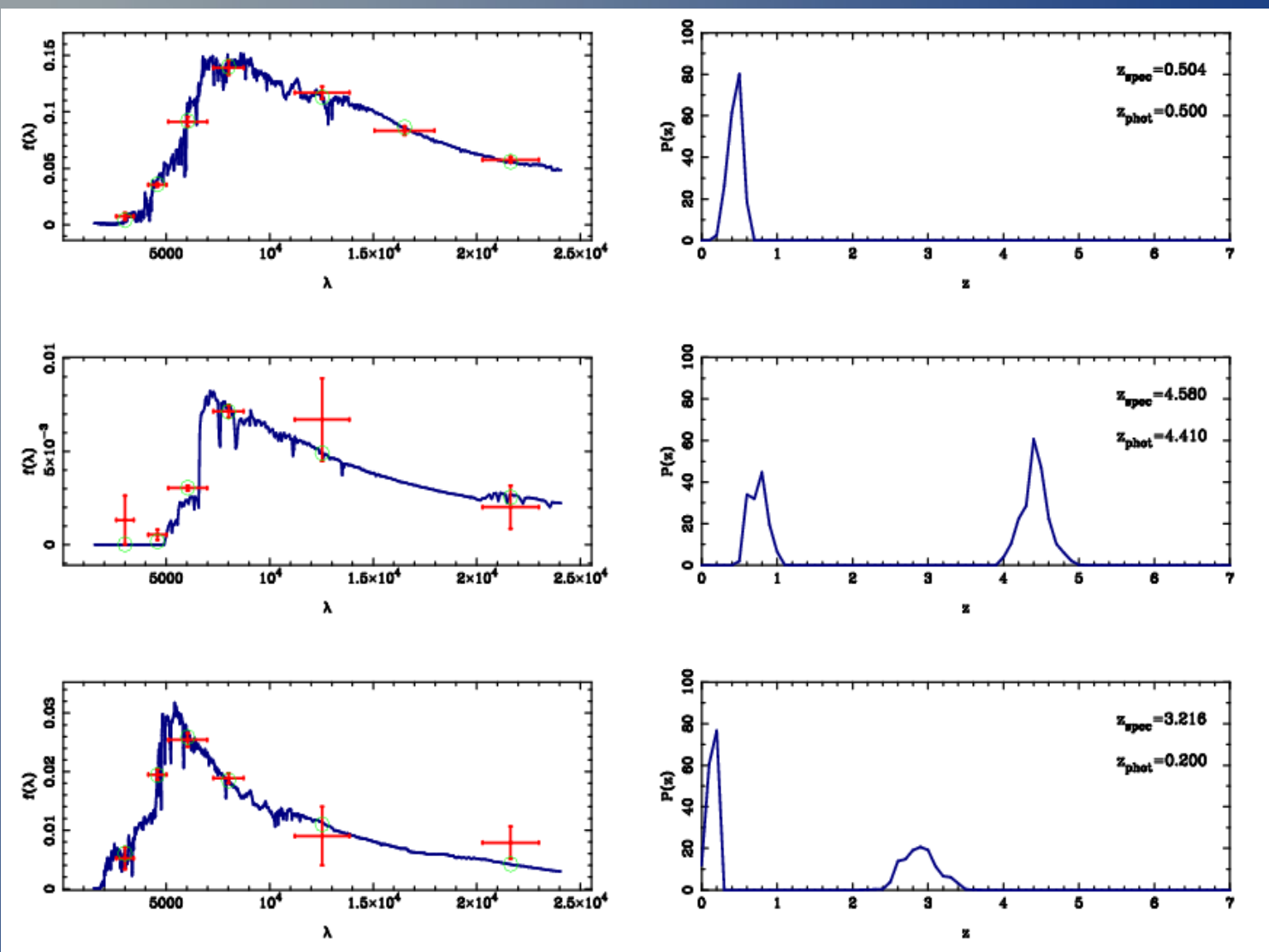
i — Один из фильтров.

по - HyperZ





Evolution of the Sed's of different spectral types computed using the spectral evolutionary models of Bruzual & Charlot (1993), with Miller & Scalo IMF, solar metallicity and Characteristics of SFR

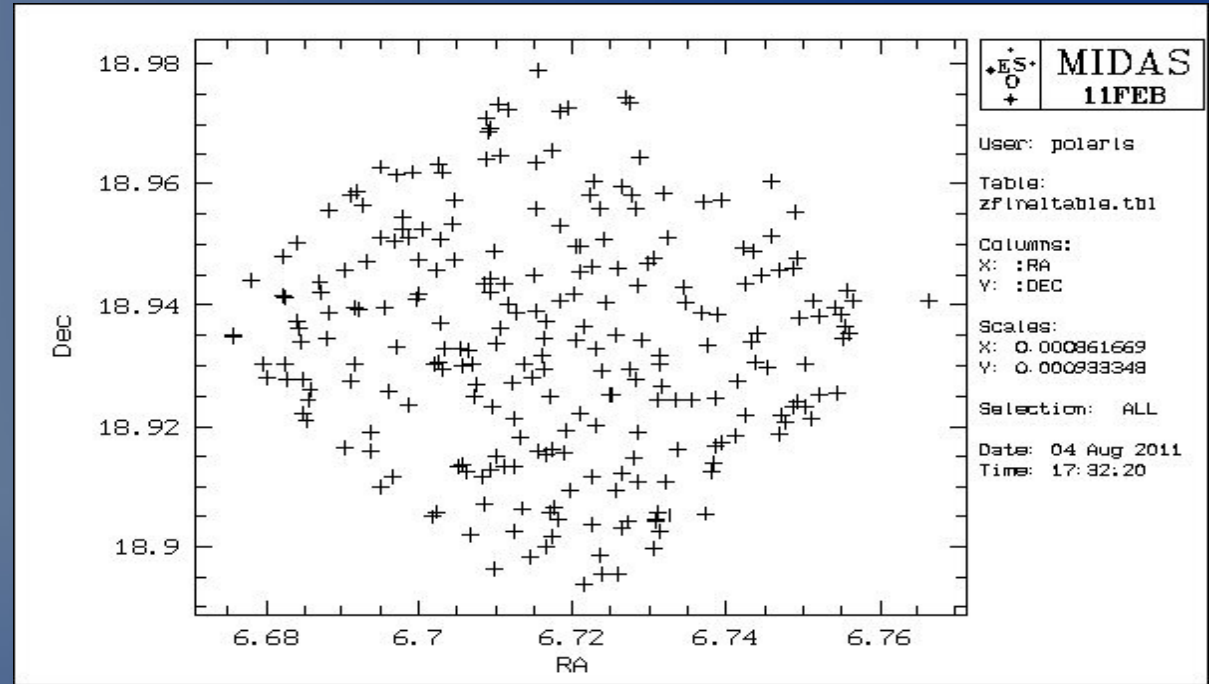


Left: The best fit SED (solid line), with superimposed the observed points with error bars (vertical error bars correspond to photometric errors, horizontal error bars represent the wavelength interval covered by the filter) and the fluxes derived from the best fit SED (circles). Right: The probability functions relative to “ χ^2 ” for the three considered objects.

One of the most considerable features of HYPERZ, is the possibility of knowing the probability function $P(z)$. This characteristic allows us to describe in an accurate way the results of different tests and to explore the relevance of secondary solutions and then the degeneracy in the parameter space. Moreover, the function $P(z)$ can be used to compute some cosmological quantities properly taking into account the characteristics of the photometric redshift technique. This figure shows an example of SED fitting and the corresponding $P(z)$ for three objects.

Результаты

N	Z	χ^2	Prob(%)	Type
1	0.74	1.21	30.19	1
2	1.32	0.09	96.24	1
3	0.45	0.52	66.54	1
4	0.47	9.99	0.00	1
5	0.05	0.16	91.75	6
6	0.31	0.01	99.84	3
7	1.50	0.24	86.75	1
8	0.34	0.24	86.58	3
9	0.90	10.07	0.00	6
10	1.21	0.48	69.53	1
11	0.39	0.35	78.78	8
12	0.67	0.09	96.31	1
13	0.52	1.60	18.63	2
14	0.79	0.19	90.07	1
15	0.40	0.05	98.38	8
16	0.67	0.63	59.42	2
17	0.45	0.35	78.54	2
18	0.78	0.22	87.77	2
19	0.05	0.35	78.69	5
20	0.52	0.01	99.85	2

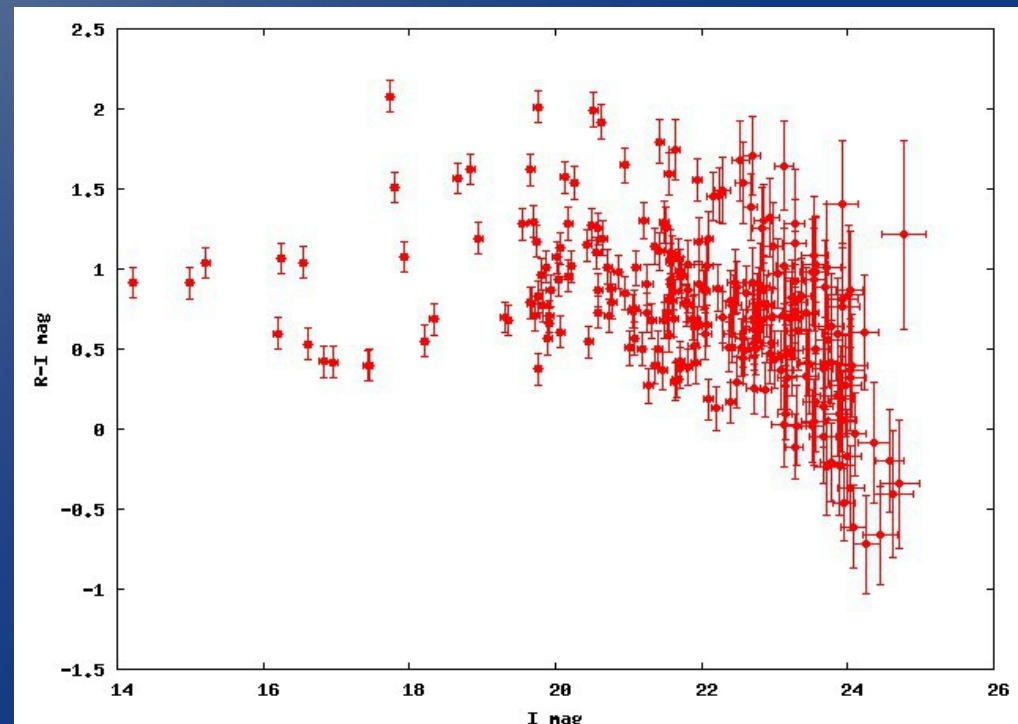
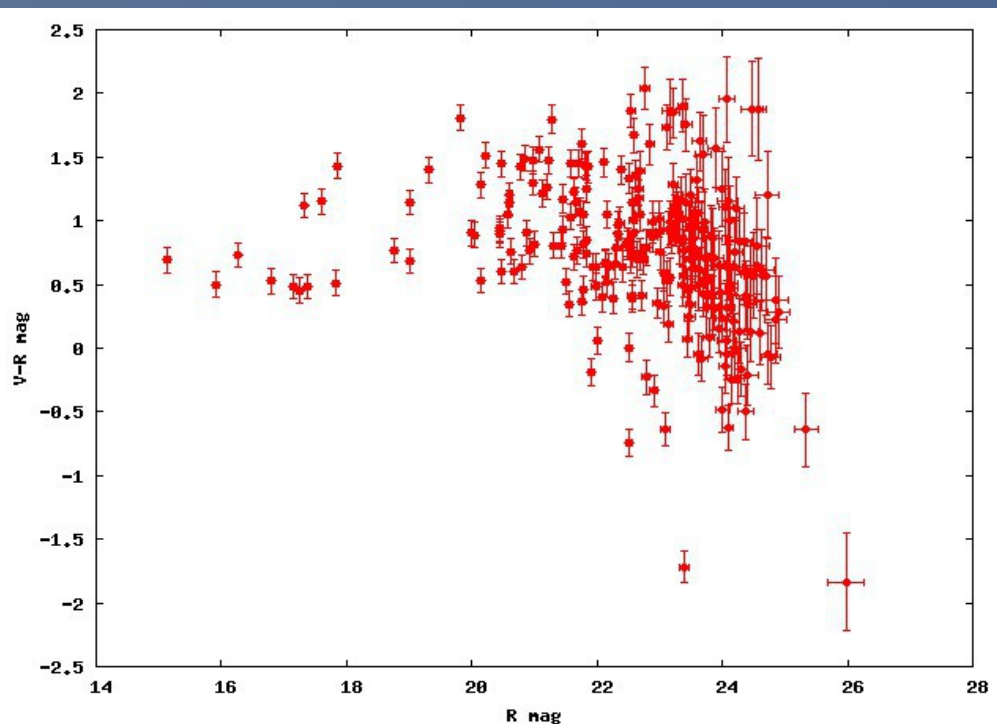
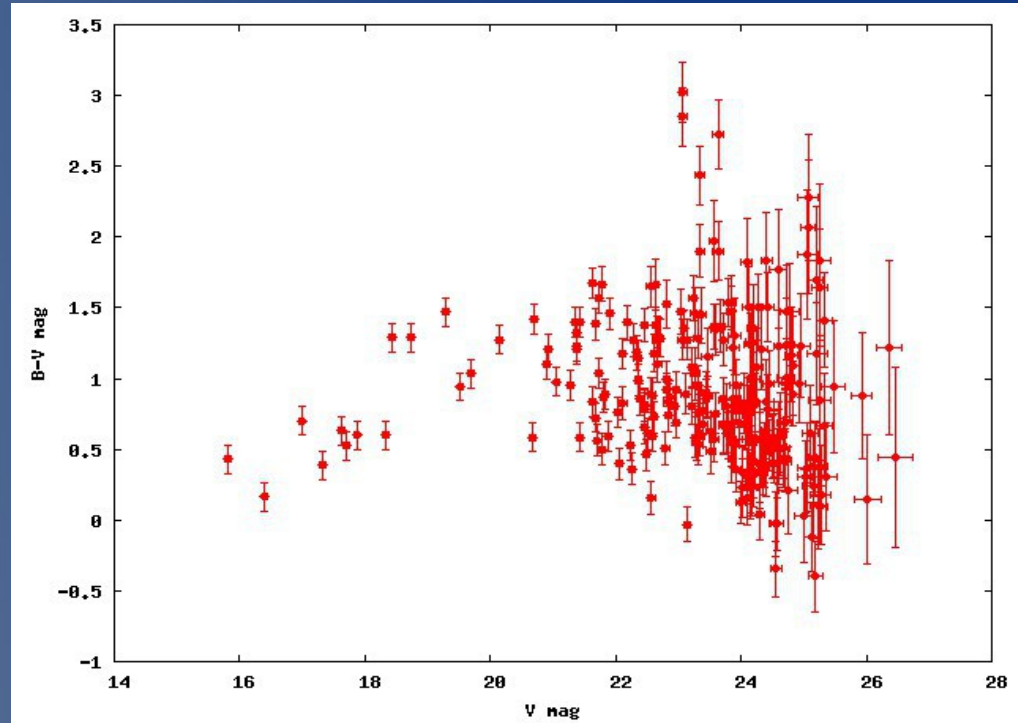
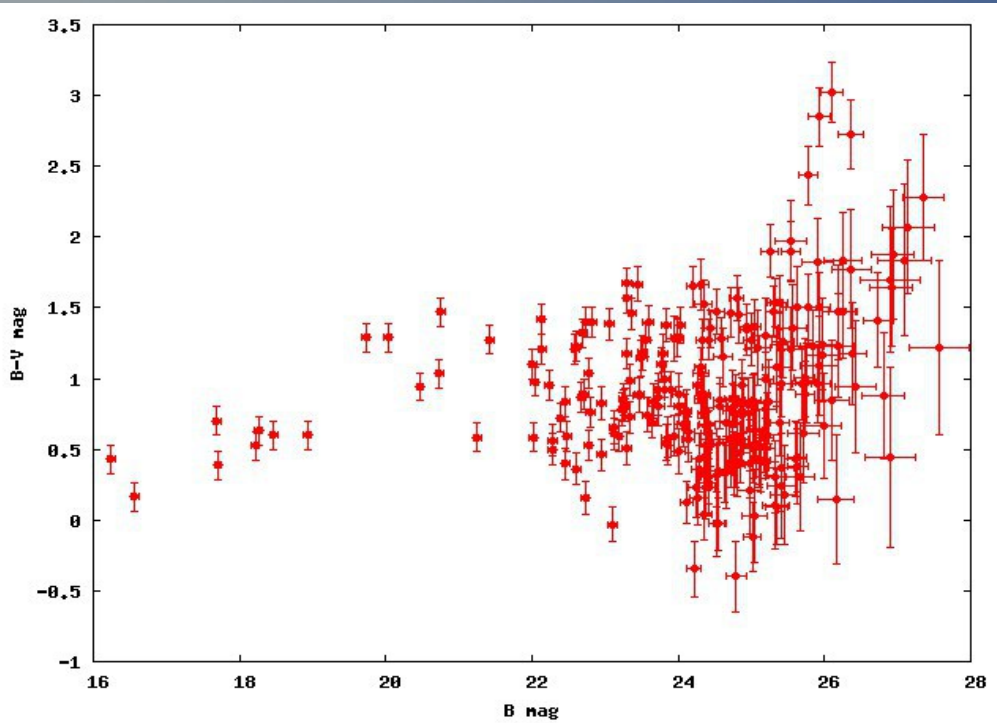


Burst **1**
E **2**
S0 **3**
Sa **4**
Sb **5**
Sc **6**
Sd **7**
Im **8**

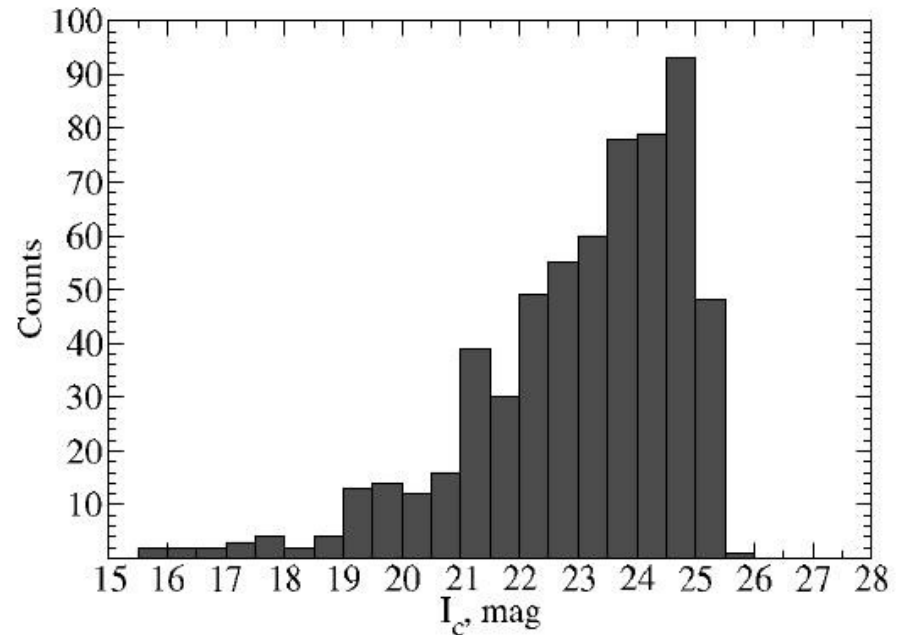
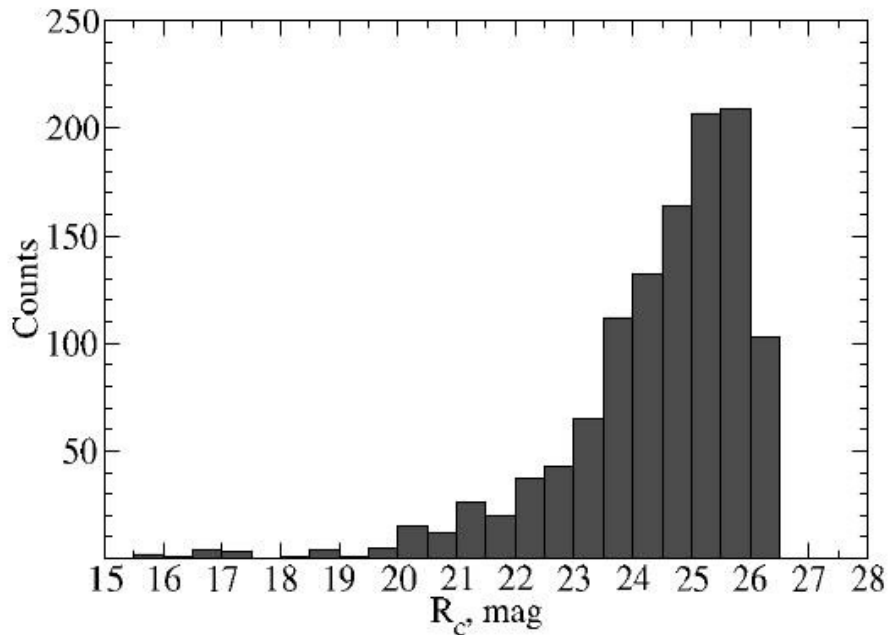
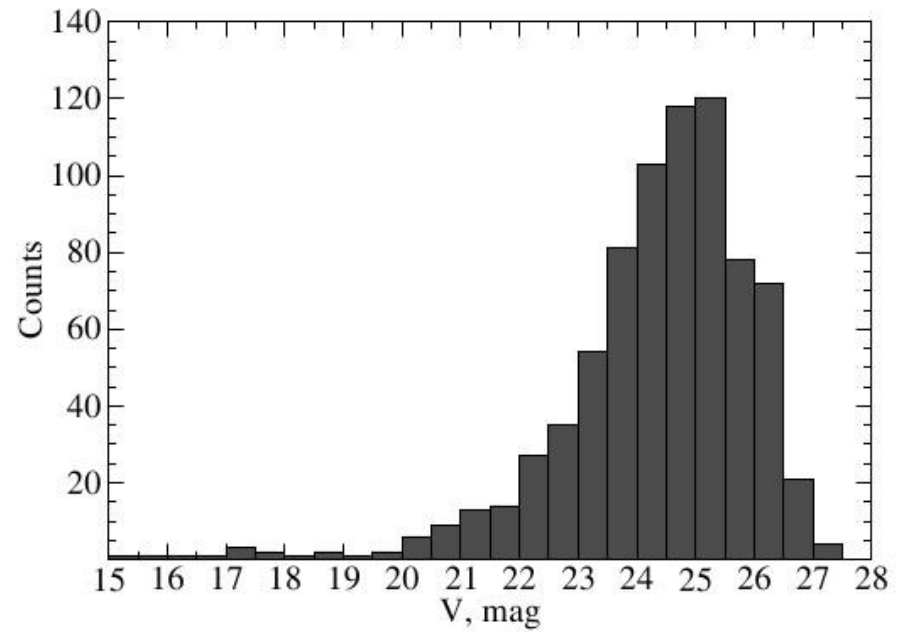
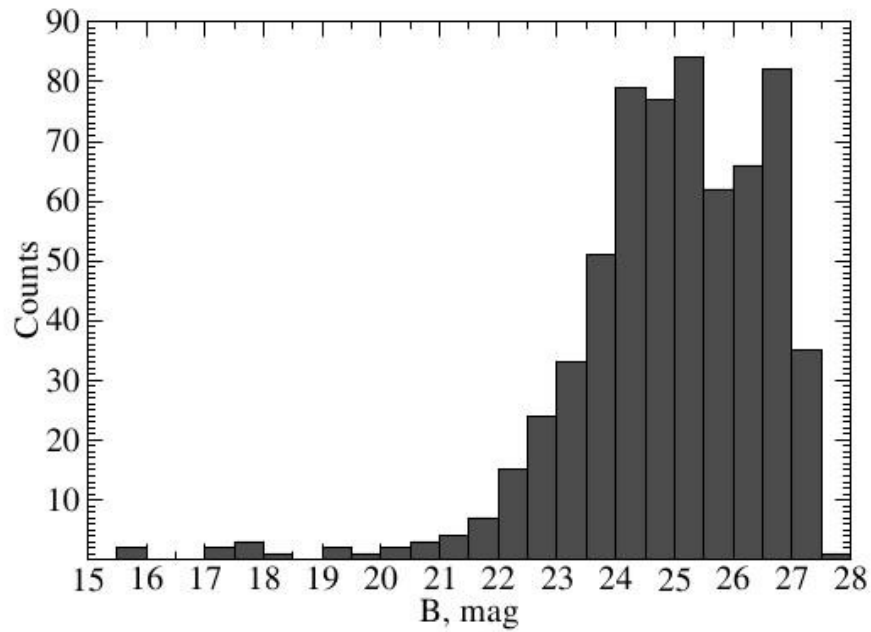
Каталог слабых галактик

#	RA	Dec	R mag	Error	A	B	Θ	Ellip	Z	%	Type
1	6.748988	18.96673	22.98	0.06	2.077	2.017	-19.27	0.029	2.45	99.990	Burst
2	6.754534	18.96330	22.45	0.06	2.429	2.077	-46.64	0.145	0.42	95.520	Burst
3	6.767069	18.95318	23.90	0.13	2.171	1.303	49.06	0.400	0.41	99.930	Sb
4	6.729459	18.88992	19.60	0.05	4.553	3.624	29.35	0.204	0.35	99.440	E

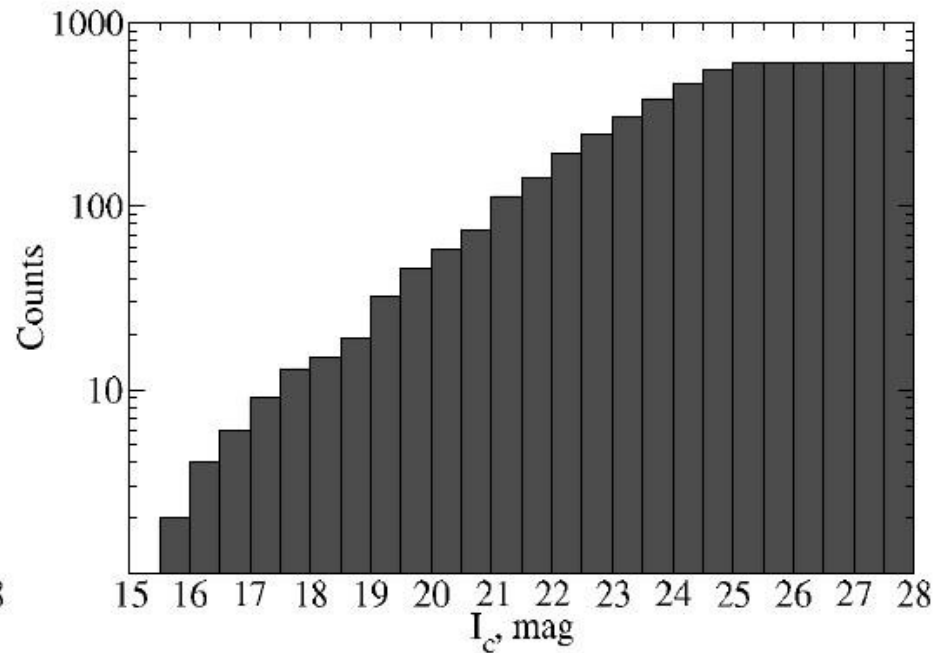
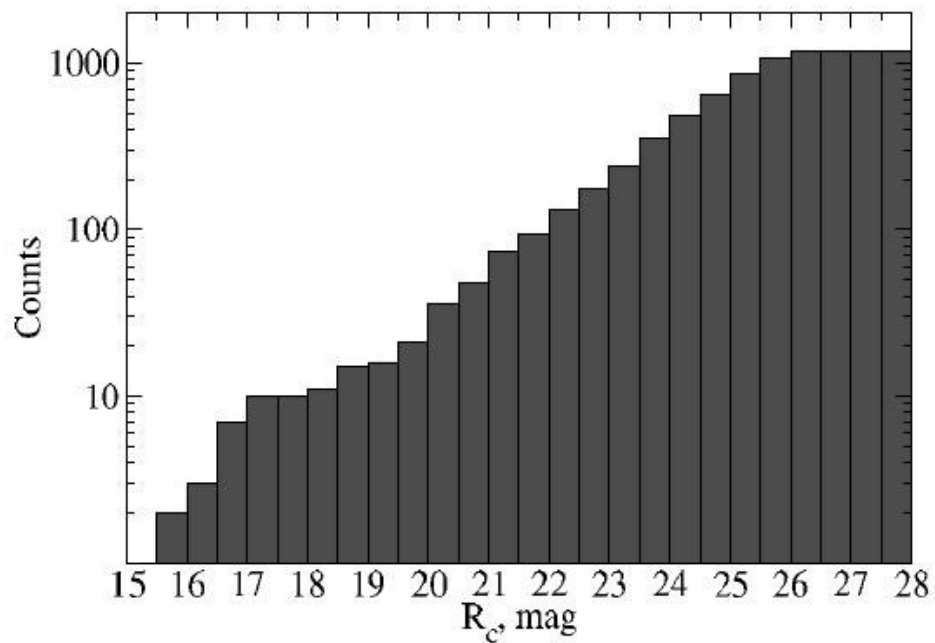
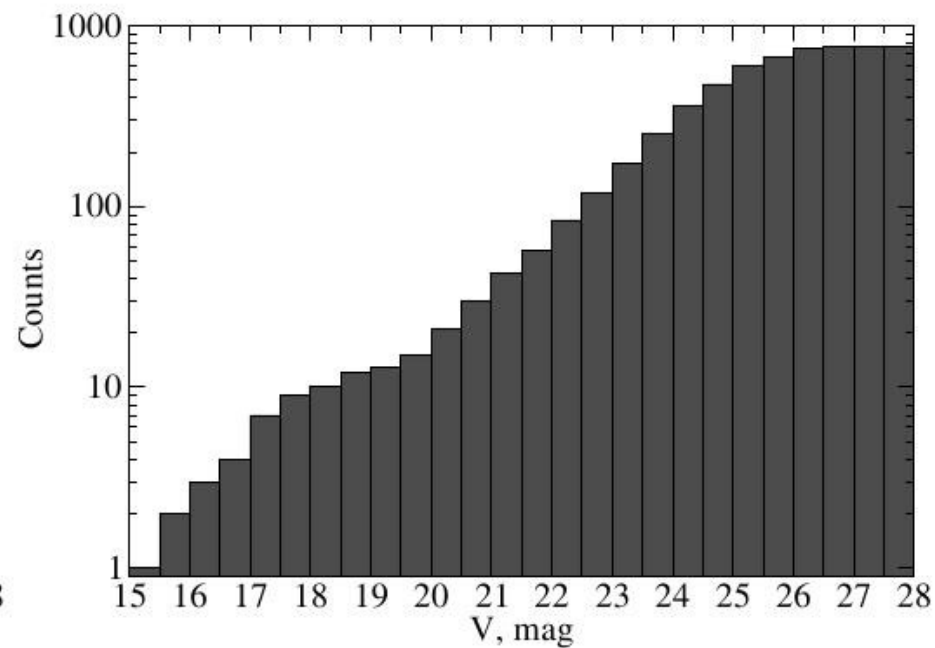
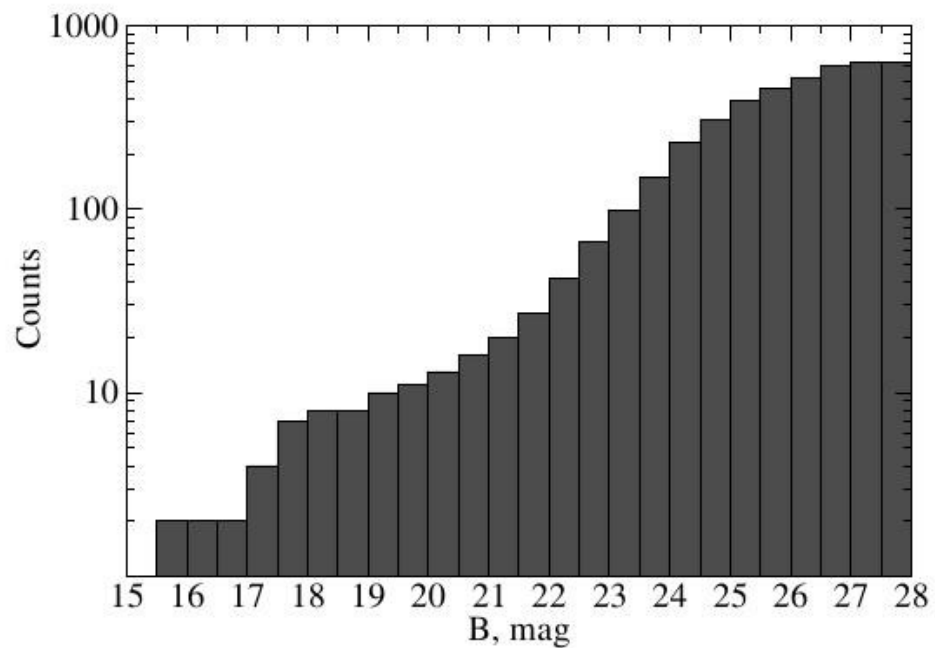
Диаграммы цвет - величина



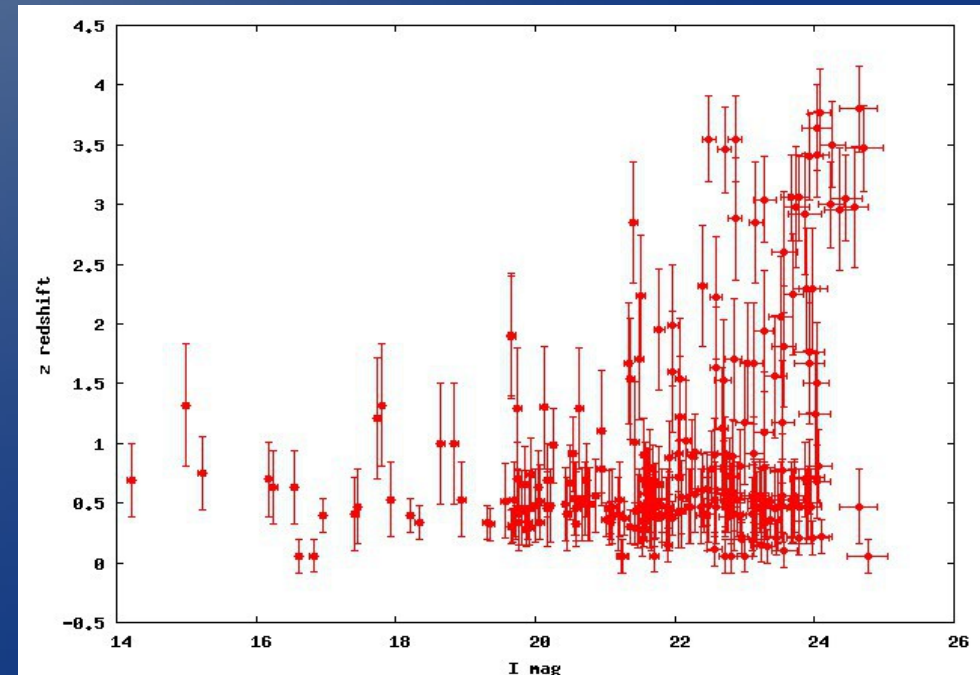
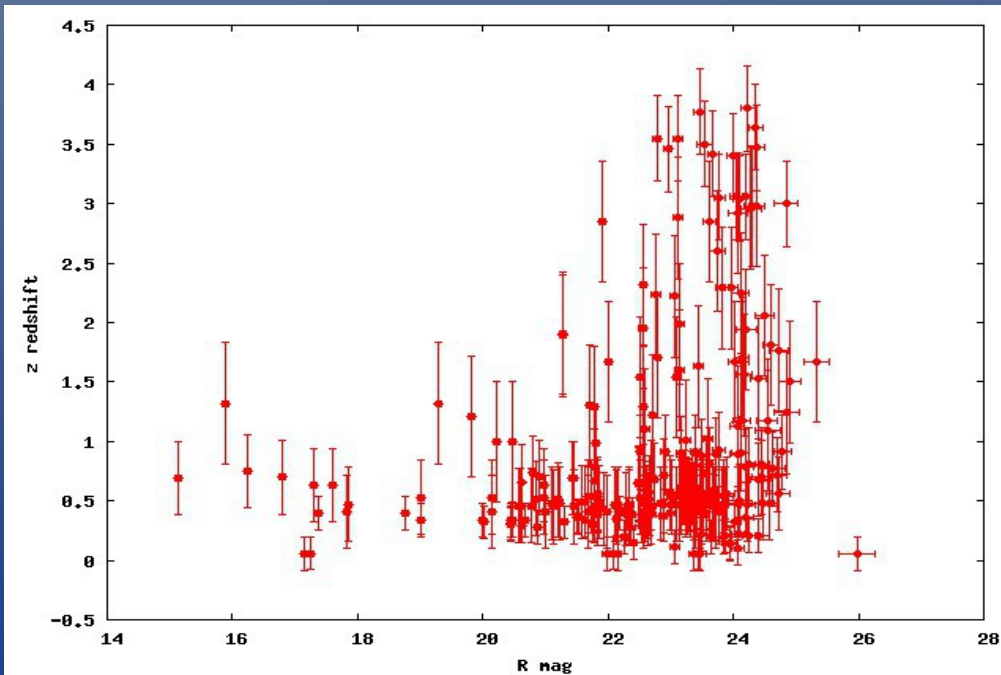
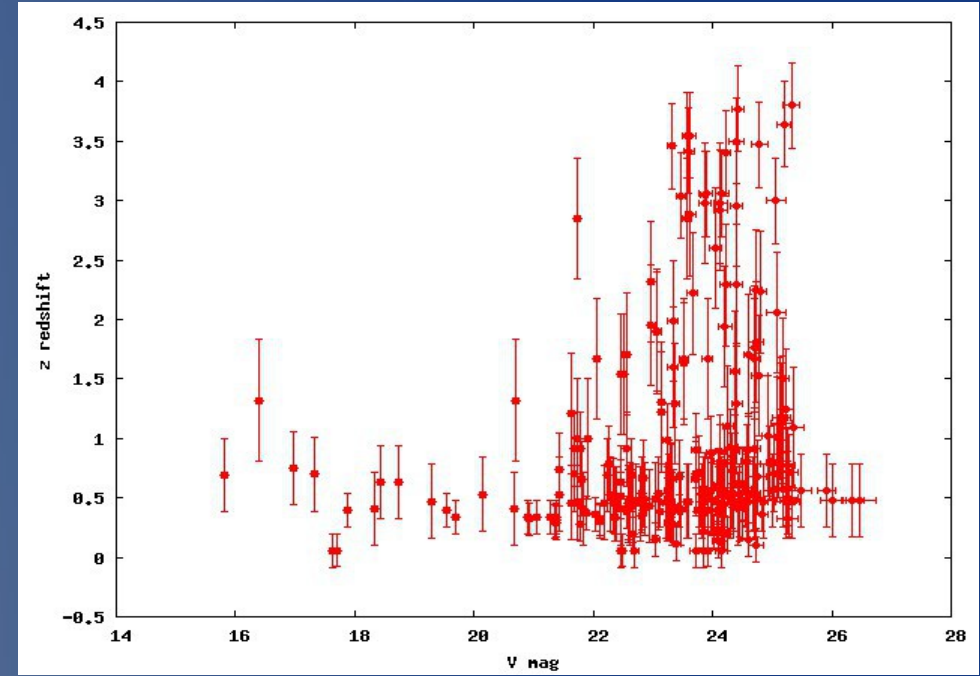
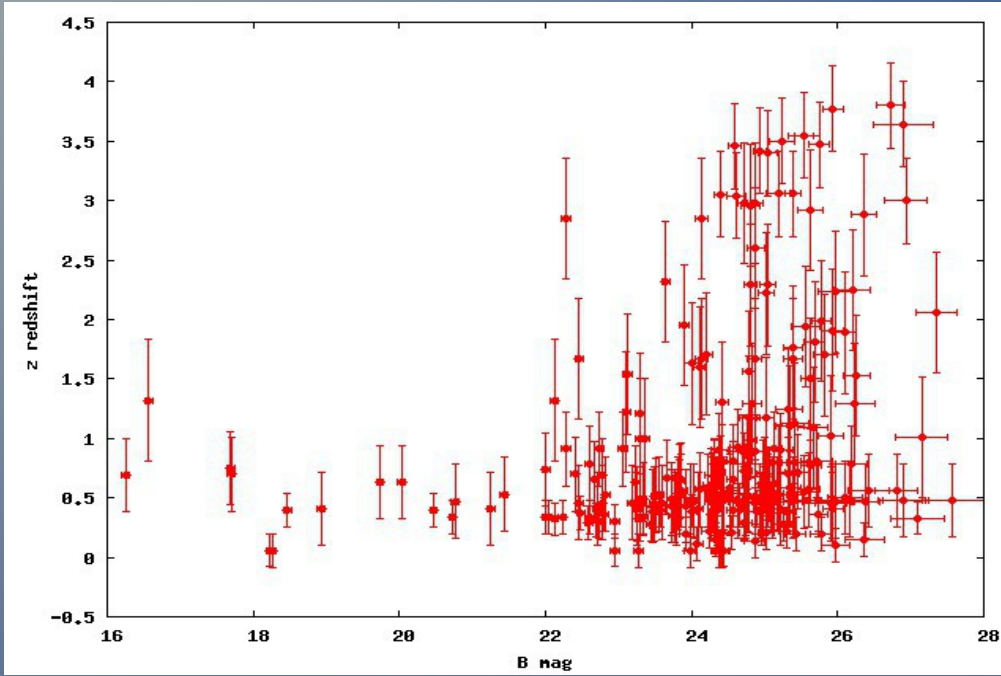
Дифференциальные подсчеты галактик



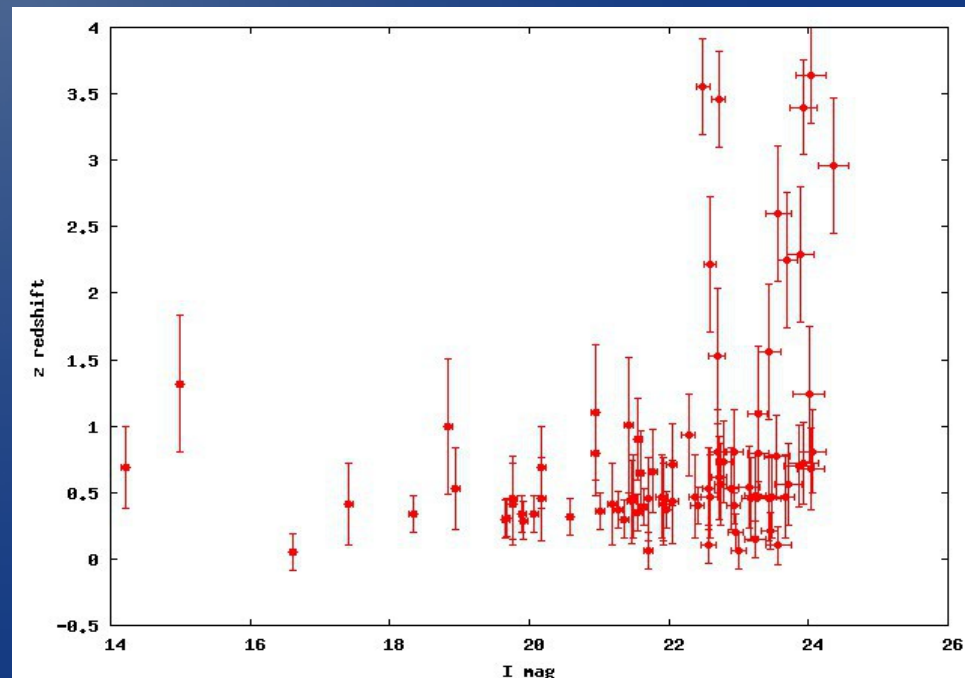
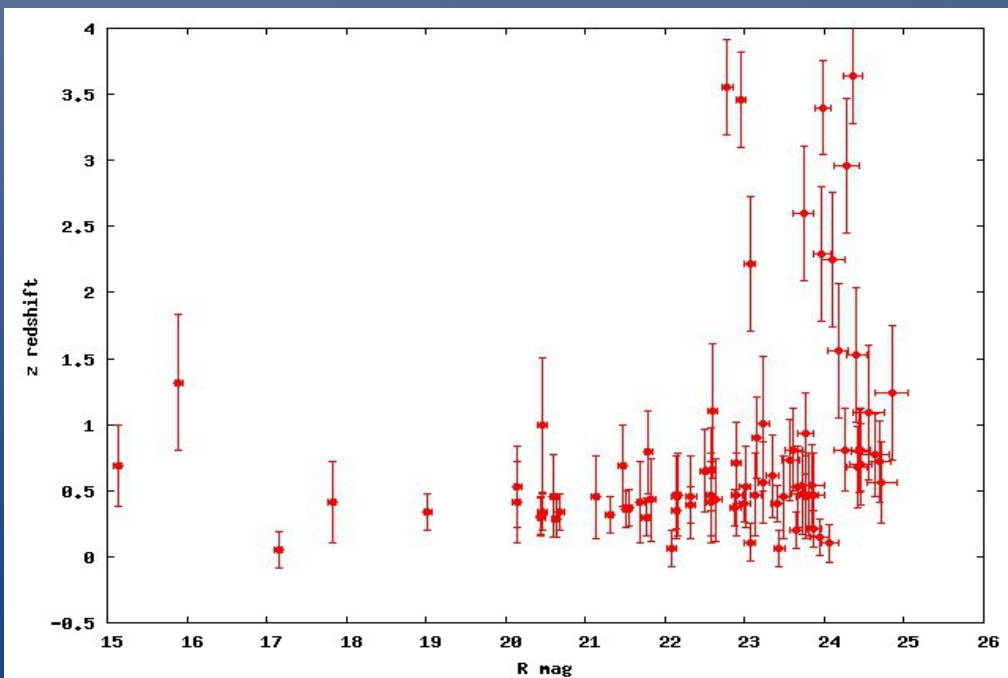
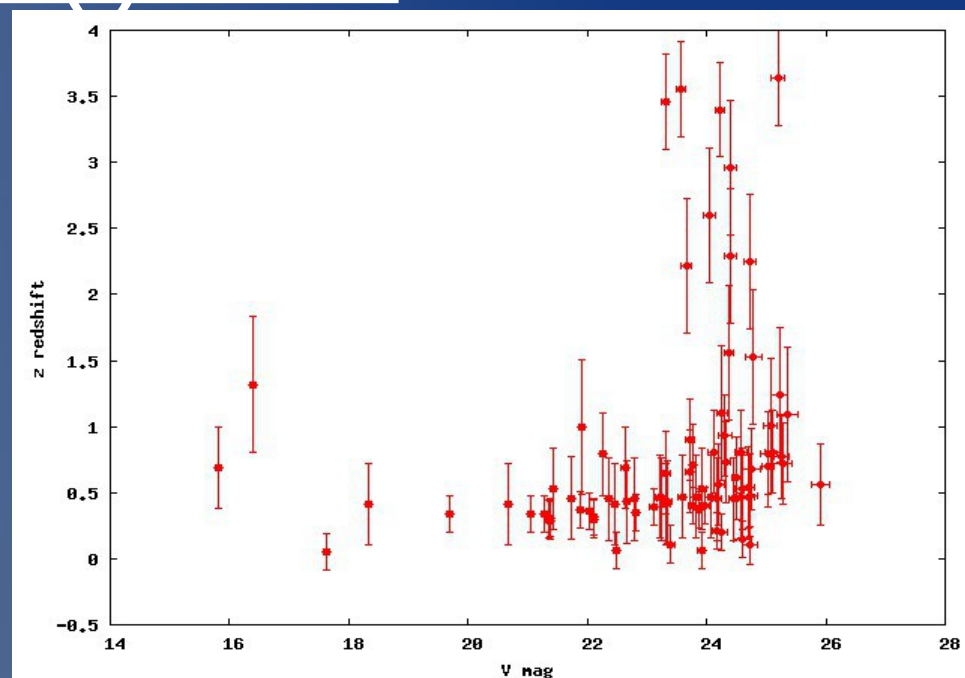
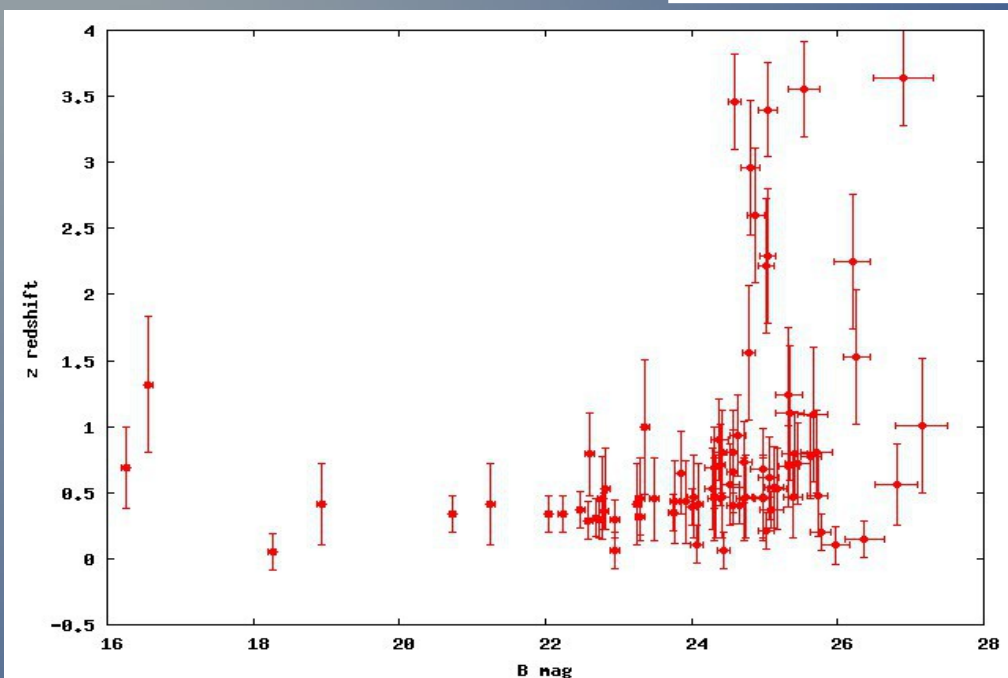
Интегральные подсчеты галактик



Диаграммы звездная величина — красное смещение



Диаграммы звездная величина — красное смещение для объектов с $P(z) \geq 90\%$



Ожидаемое радиальное распределение галактик по красным смещениям

Для ограниченной по зв. величине выборки.

Аппроксимация широкого класса пространственных распределений галактик:

$$N_{\text{mod}}(z, \Delta z) = Az^\alpha e^{\left(-\frac{z}{z_0}\right)^\beta} \Delta z$$

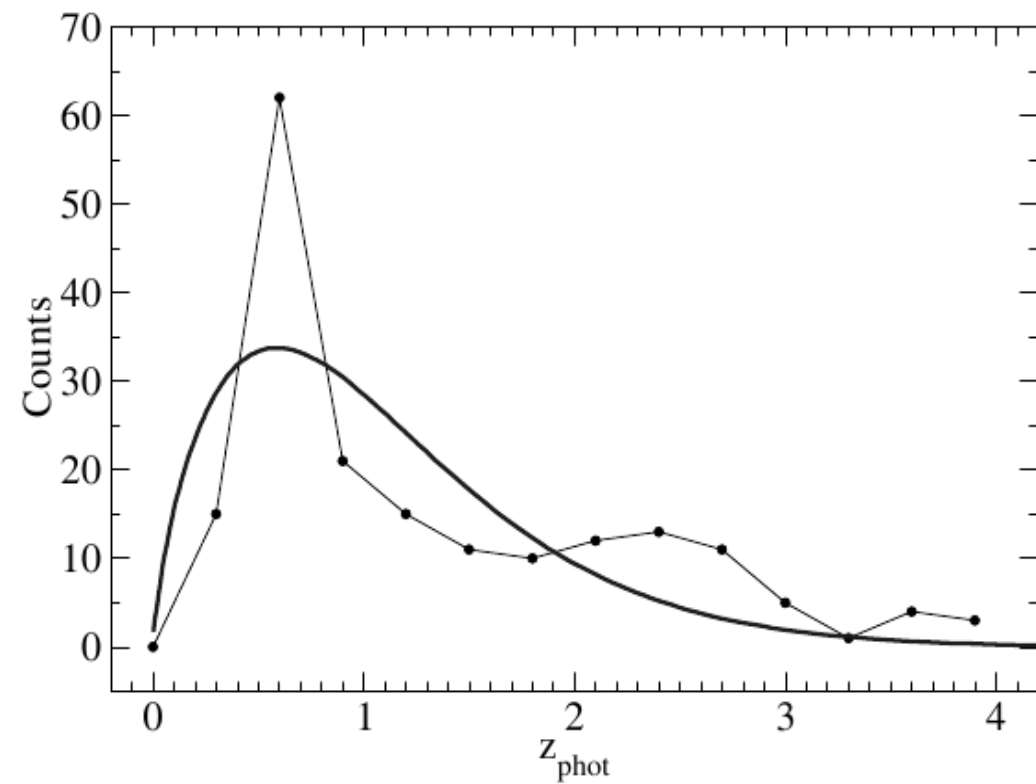
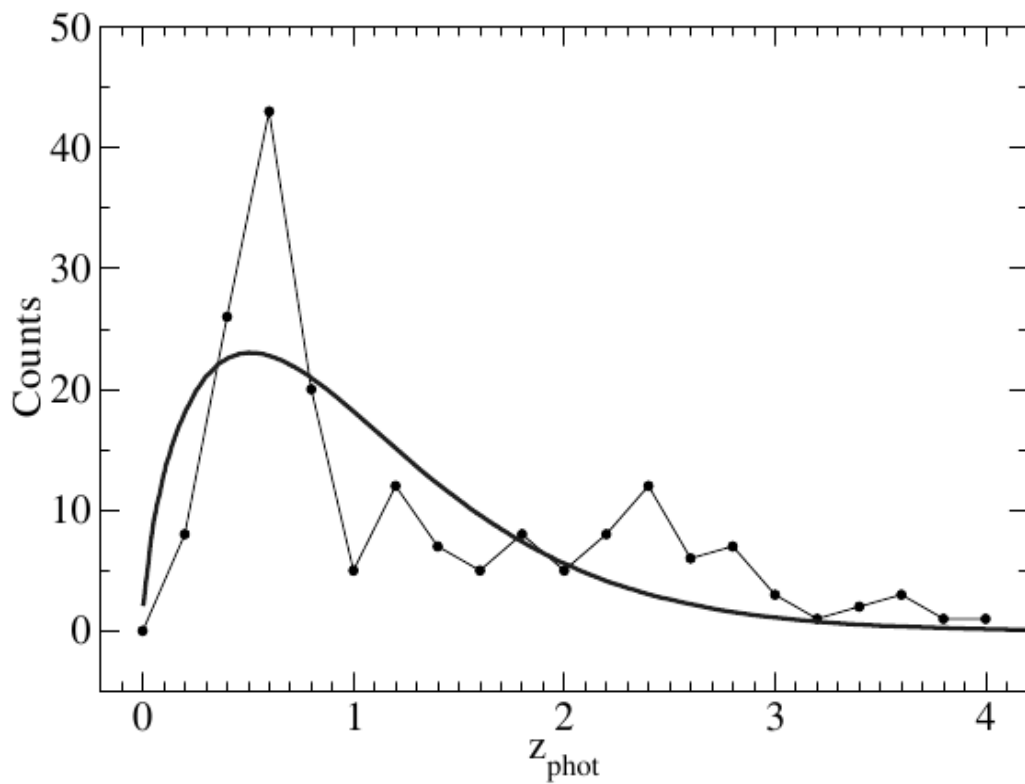
Наблюдаемое отклонение

$$\sigma_{\text{obs}}(z, \Delta z) = \frac{\Delta N_{\text{obs}}}{N_{\text{mod}}} = \frac{N_{\text{obs}}(z, \Delta z) - \langle N \rangle}{\langle N \rangle}$$

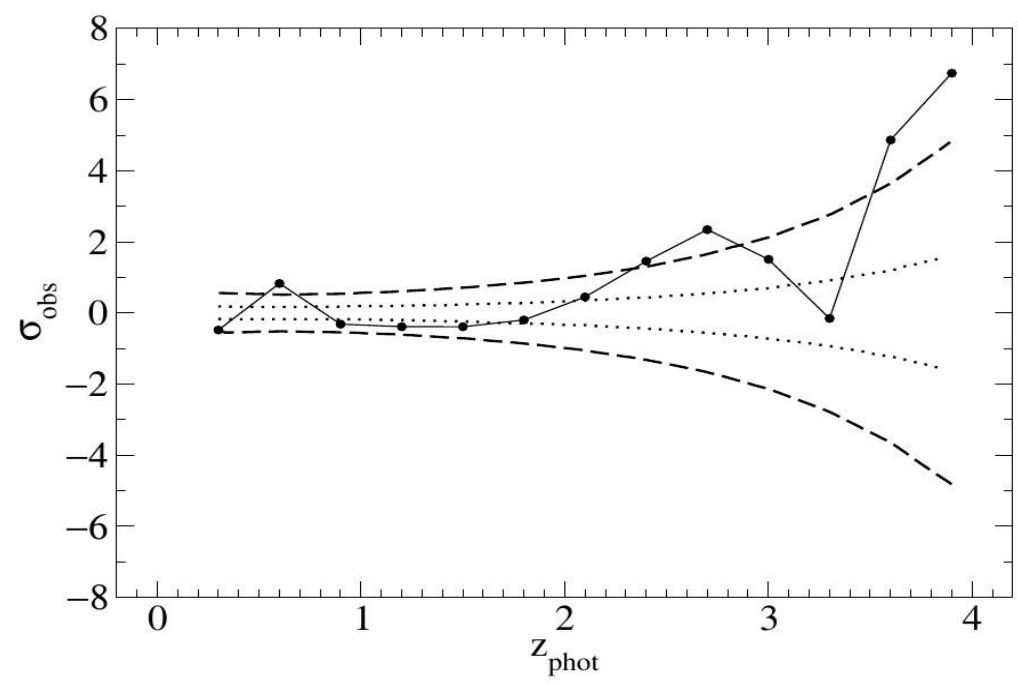
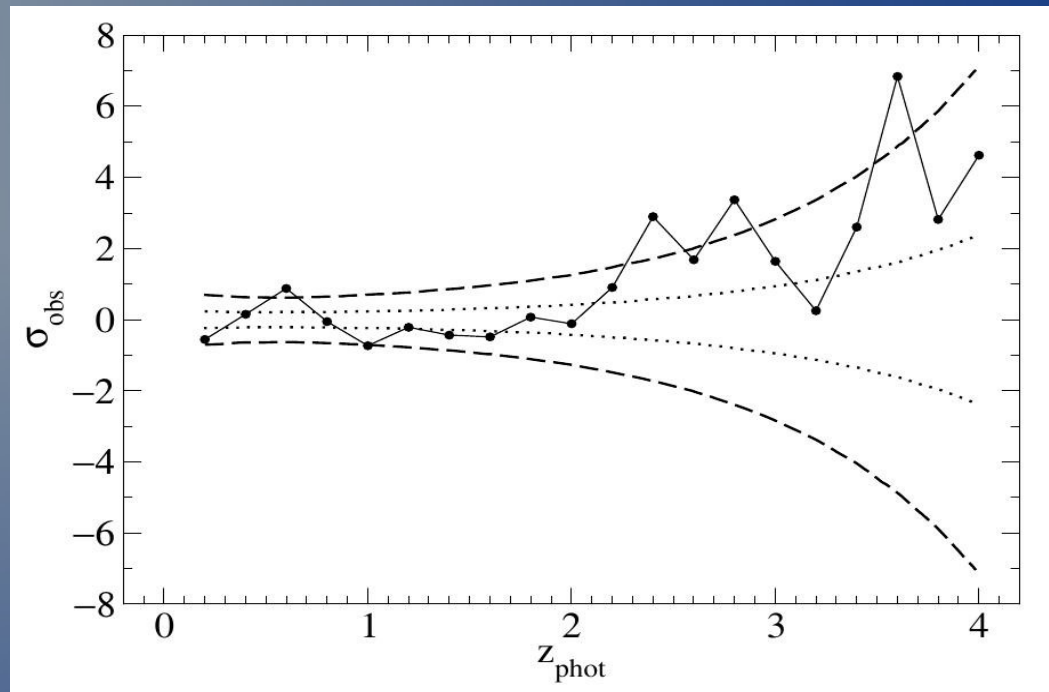
α β z_0 – свободные параметры

A – нормированная амплитуда

Радиальное распределение красных смещений галактик $dN(z, dz)$ для $dz=0.2$ и 0.3 в глубоком поле GRB 021004



Наблюдаемое отклонение и пуассоновский шум для $dz = 0.2$ и 0.3



Список литературы

И.В. Соколов, Дипломная работа, Исследование слабых галактик в поле гамма-всплеска GRB 021004 СПбГУ, 2010.

Ю.В.Барышев, И.В.Соколов, А.С.Москвитин,

Ю.В.Барышев, И.В. Соколов, А.С. Москвитин, Т. А. Фатхуллин, Н. В. Набоков, Браджеш Кумар, ИССЛЕДОВАНИЕ СЛАБЫХ ГАЛАКТИК В ПОЛЕ ГАММА-ВСПЛЕСКА GRB021004, АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ, 2010, том 65,№4, с. 327–342

Т.А.Фатхуллин, Кандидатская диссертация САО РАН, 2003

Н.В.Набоков, Кандидатская диссертация, СПбГУ, 2010

В.В.Соколов, Докторская диссертация, САО РАН, 2002

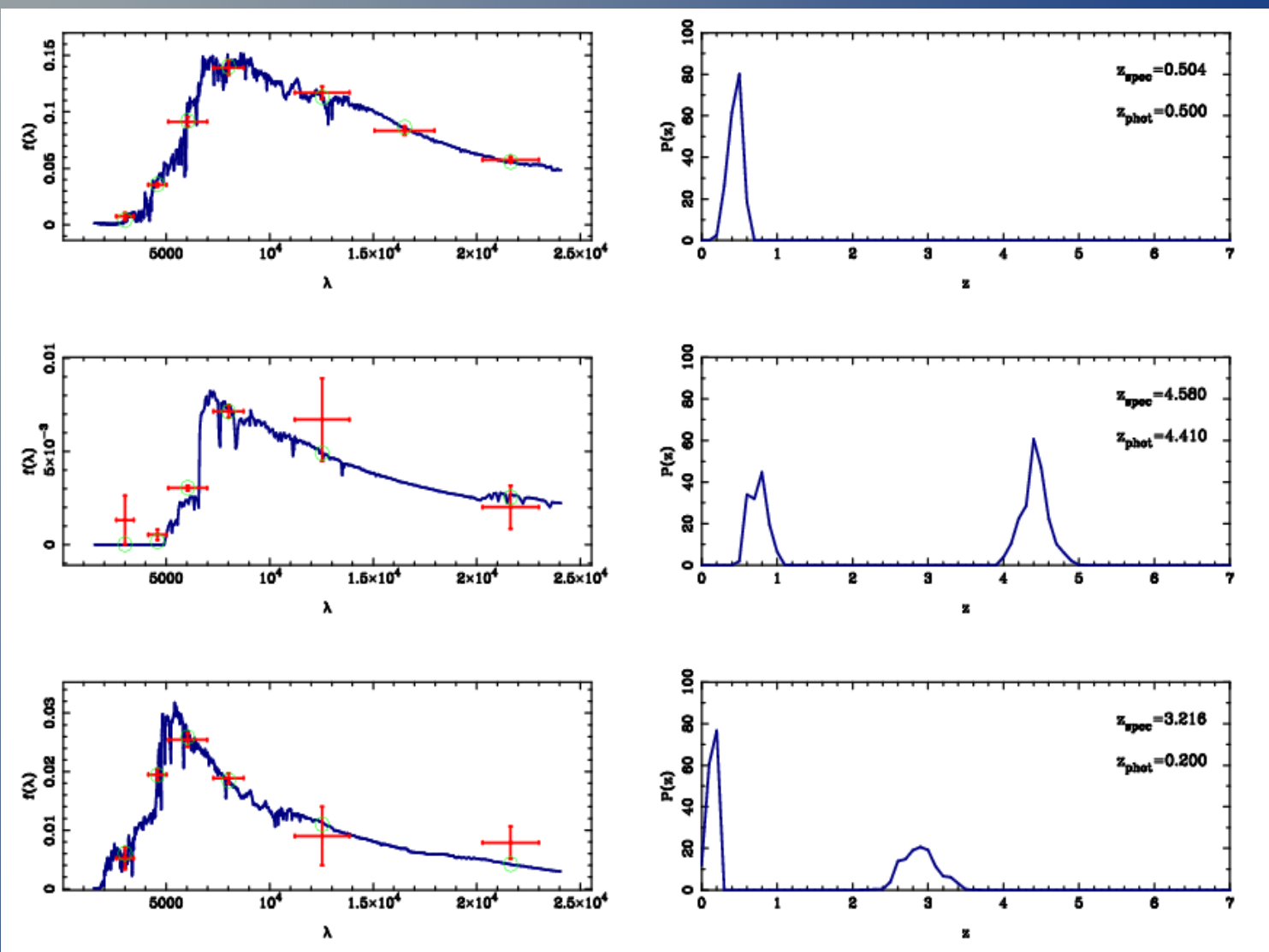
Ю.В.Барышев, Докторская диссертация, СПбГУ, 2003

Yu. Baryshev & P. Teerikorpi,

FUNDAMENTAL QUESTIONS OF PRACTICAL COSMOLOGY: Exploring the Realm of Galaxies, ASSL, Springer, 2011, 350 pp.

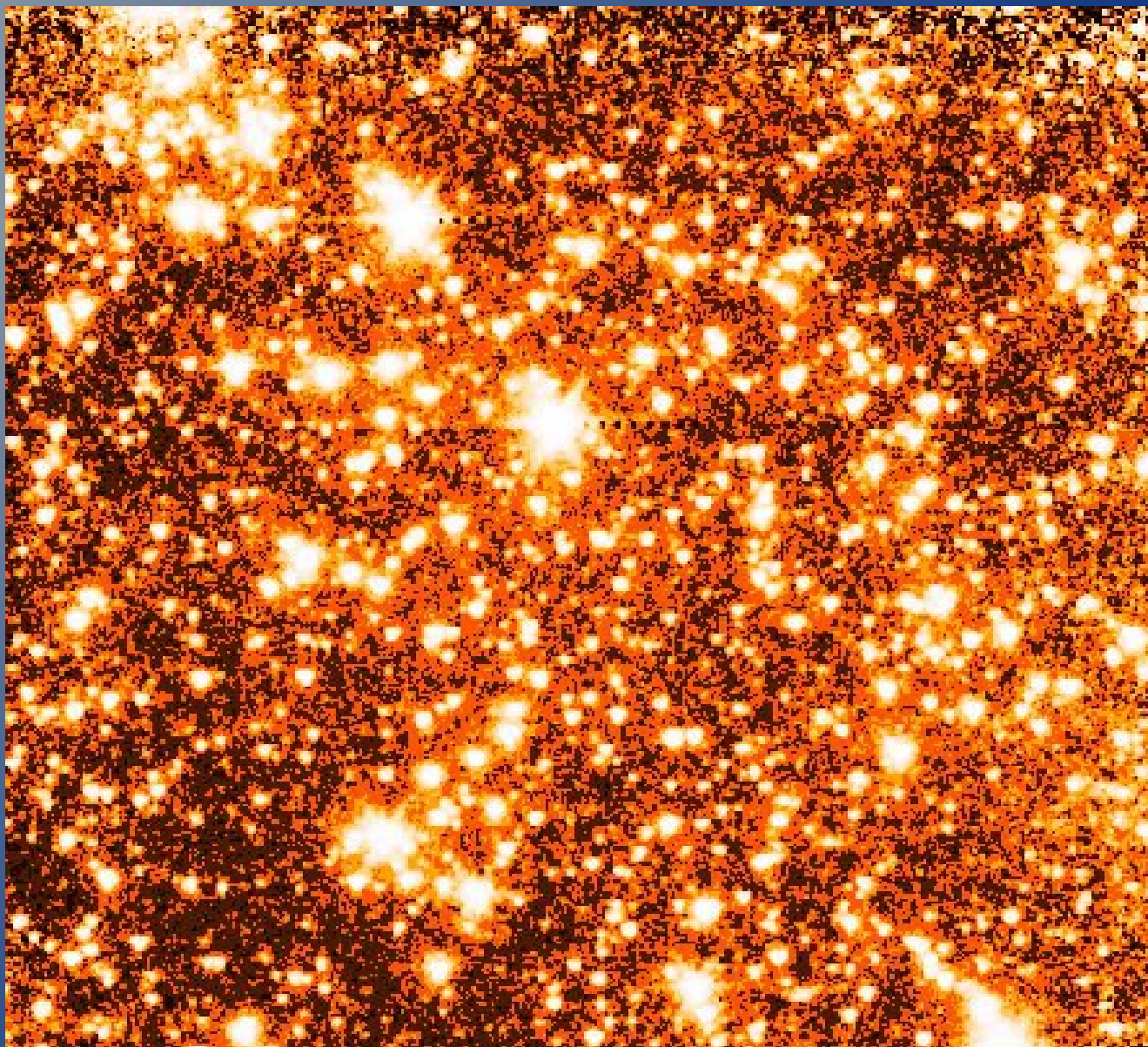
<http://webast.ast.obs-mip.fr/hyperz/intro.html>

<https://sourceforge.net/projects/sextractor/>



Left: The best fit SED (solid line), with superimposed the observed points with error bars (vertical error bars correspond to photometric errors, horizontal error bars represent the wavelength interval covered by the filter) and the fluxes derived from the best fit SED (circles). Right: The probability functions relative to “ χ^2 ” for the three considered objects.

One of the most considerable features of HYPERZ, is the possibility of knowing the probability function $P(z)$. This characteristic allows us to describe in an accurate way the results of different tests and to explore the relevance of secondary solutions and then the degeneracy in the parameter space. Moreover, the function $P(z)$ can be used to compute some cosmological quantities properly taking into account the characteristics of the photometric redshift technique. This figure shows an example of SED fitting and the corresponding $P(z)$ for three objects.

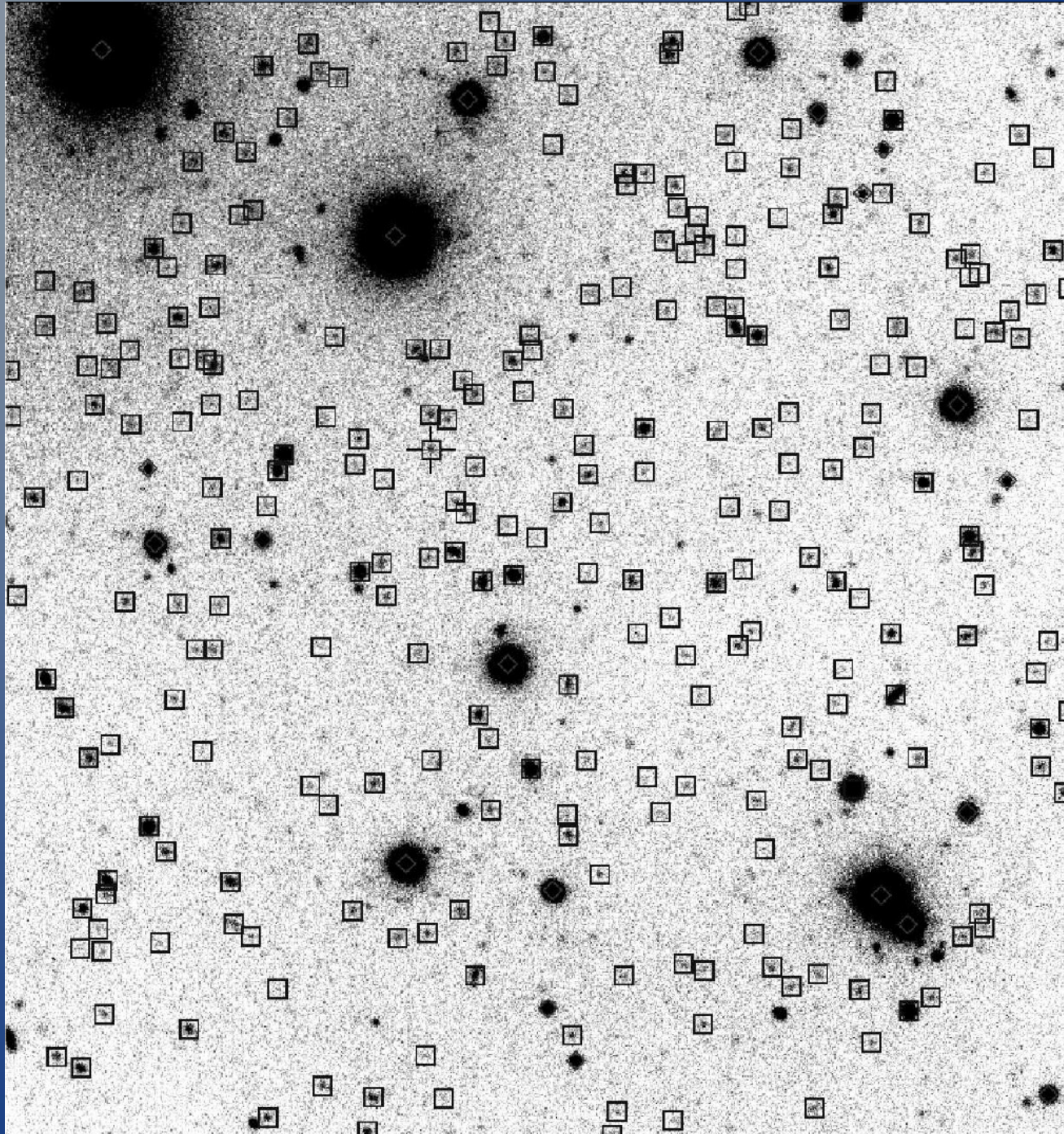


GRB 021004 Infrared frame from Spitzer Space Telescope

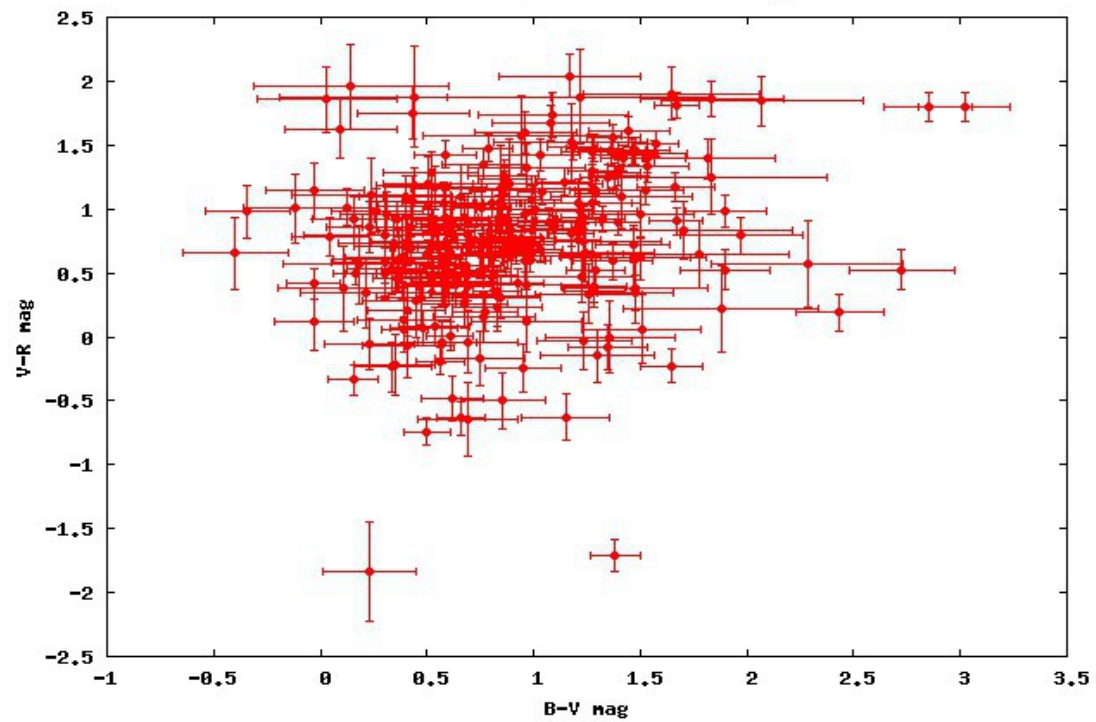
Coming soon, baby !!!

Дополнение

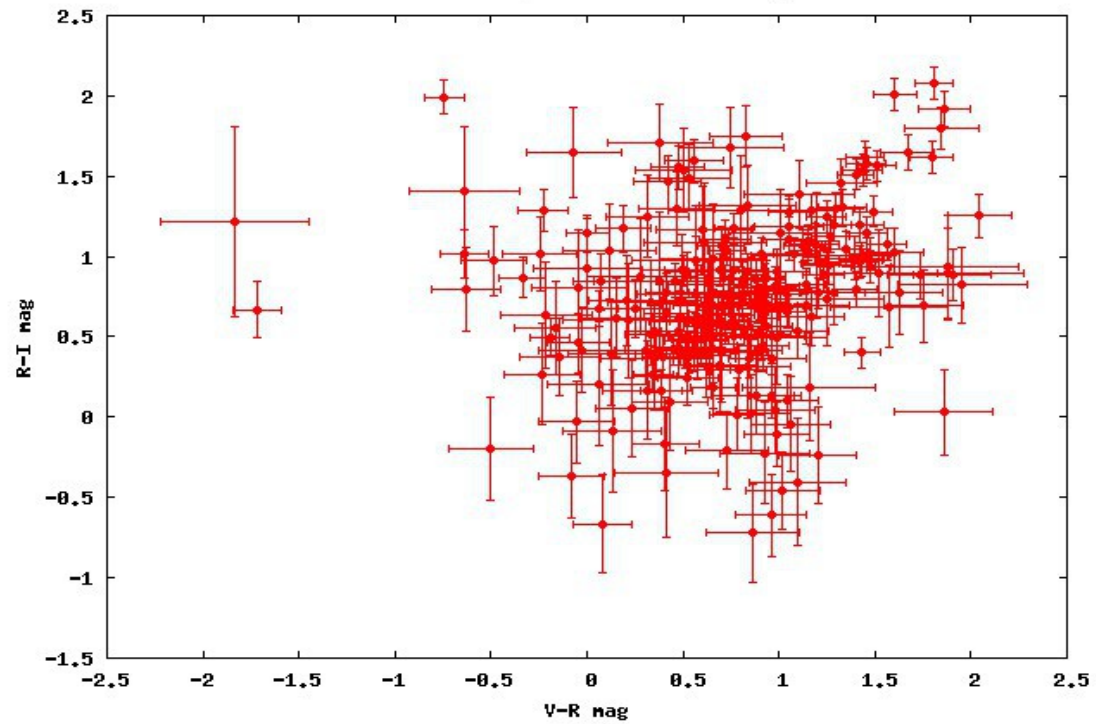
GRB 021004



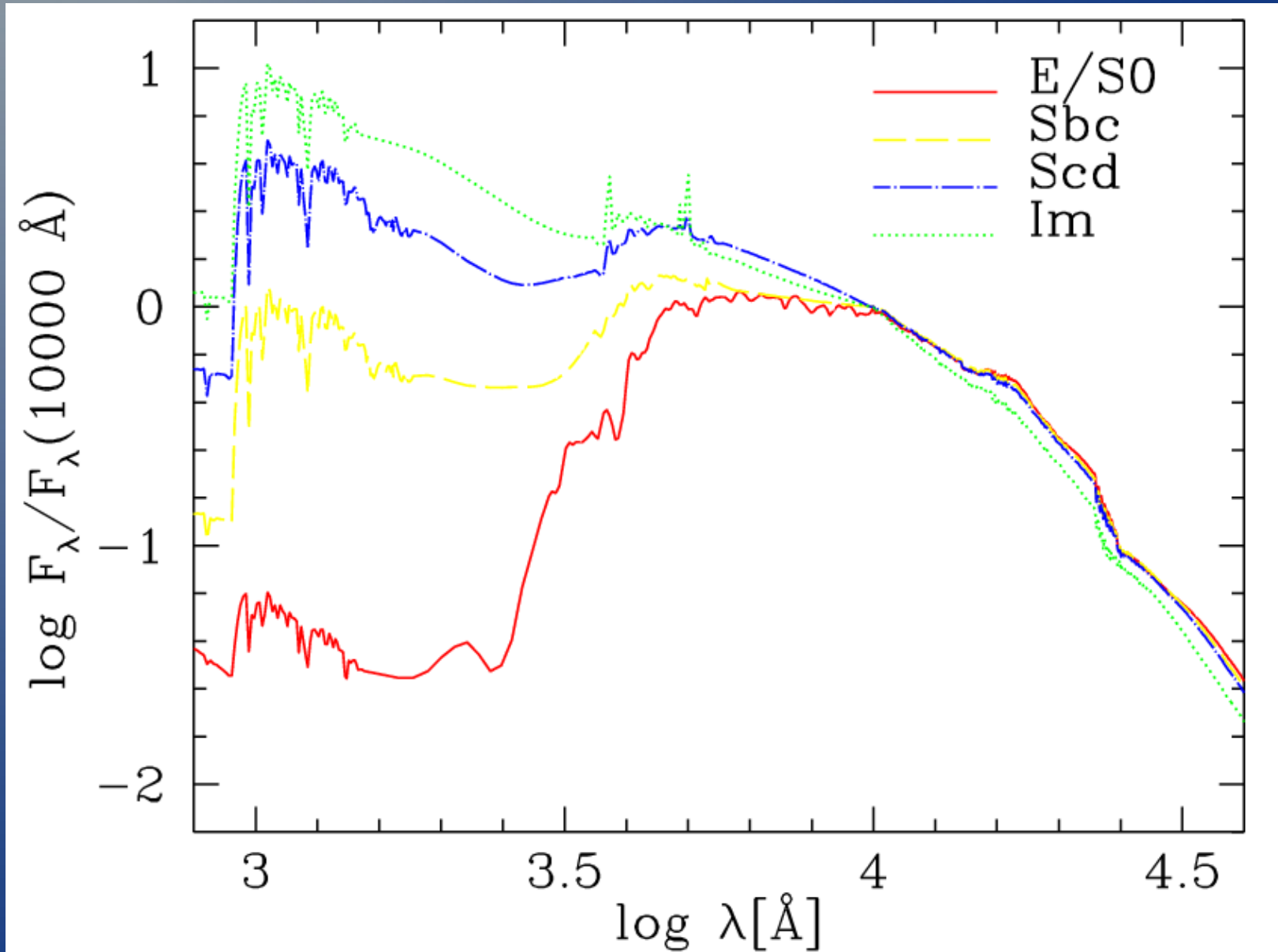
GRB 021004 Deep Field Two-color Diagram



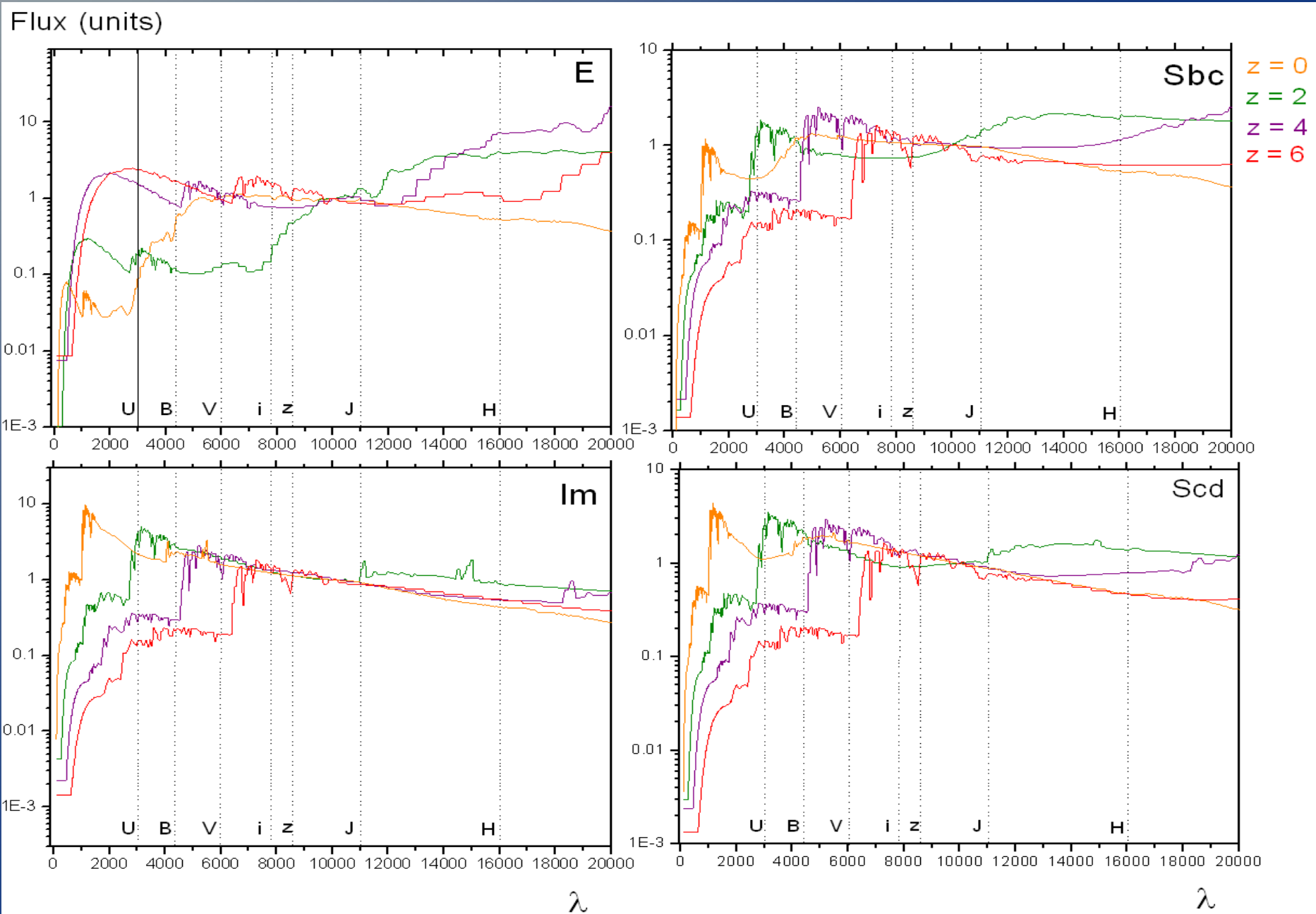
GRB 021004 Deep Field Two-color Diagram



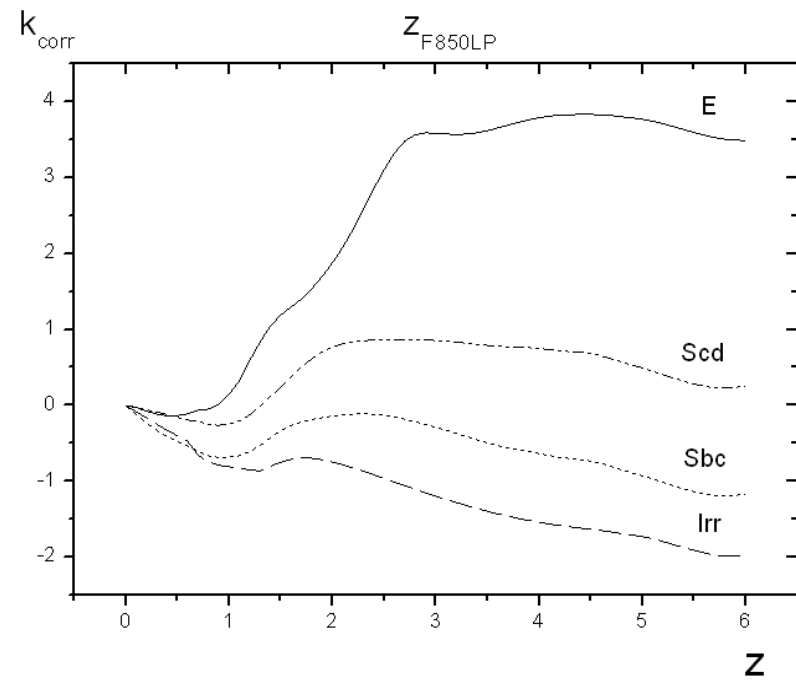
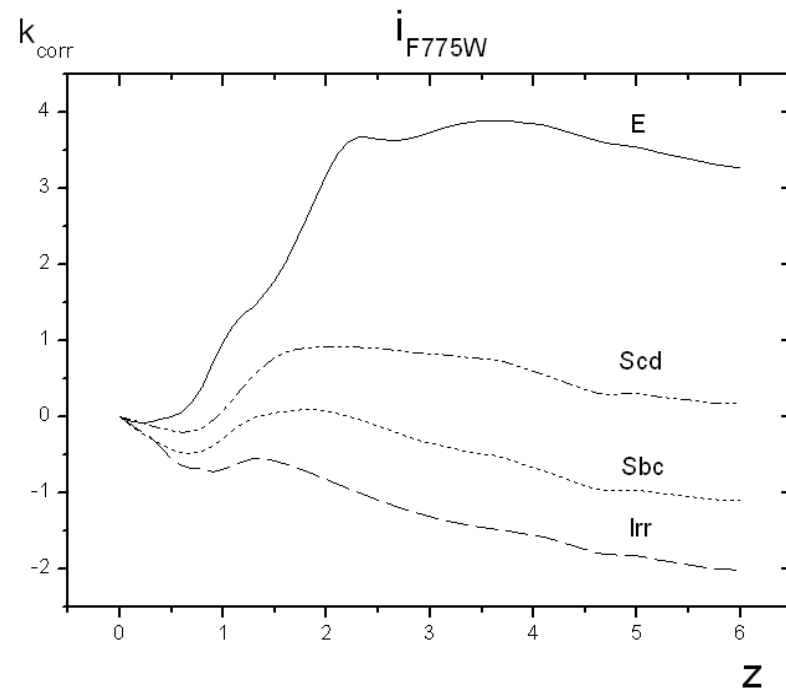
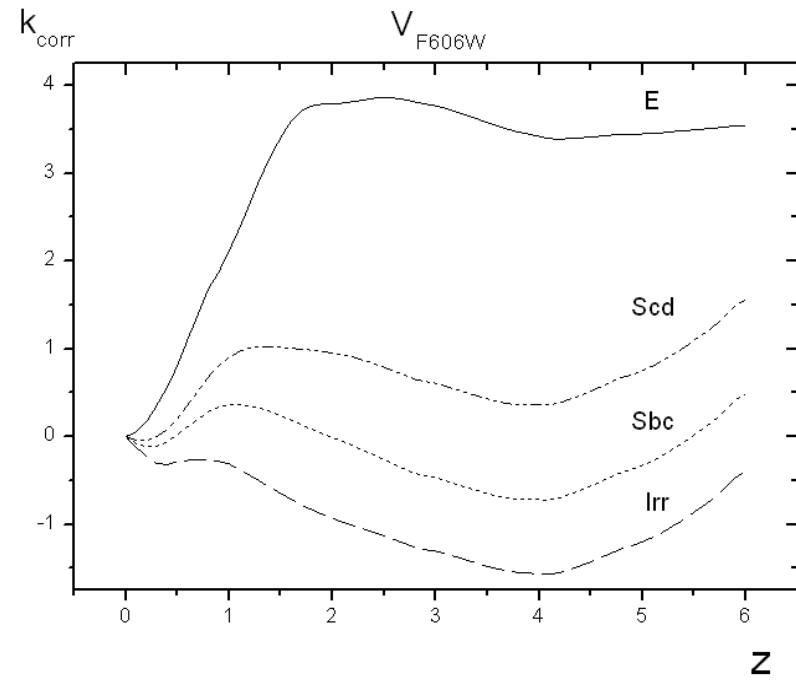
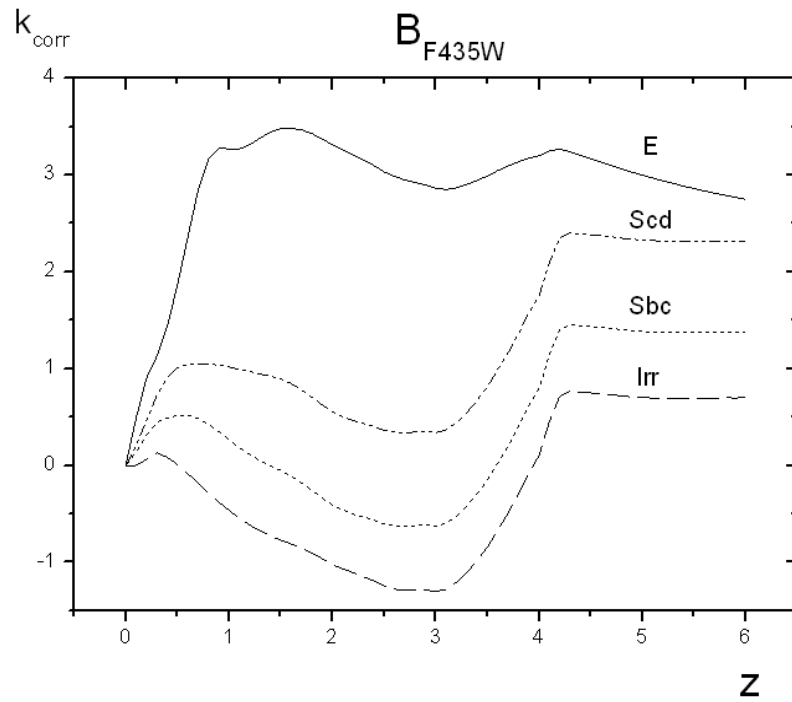
Шаблоны непрерывных спектров галактик



Изменение формы шаблонных спектров галактик на разных Z



K-поправки для различных типов галактик



Исследованные глубокие поля

COSMOS



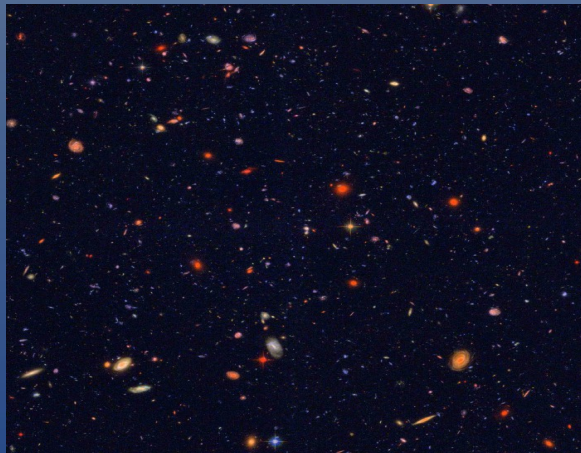
$N \sim 500000$
 $1.2^\circ \times 1.2^\circ$
 25^m
 $\alpha = 10^h 00^m$
 $\delta = -01^\circ 12'$

HDF-N



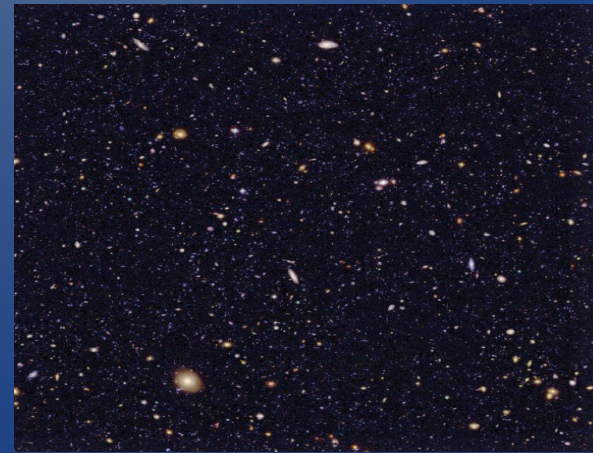
$N = 3301$
 $2.3' \times 2.3'$
 29^m
 $\alpha = 12^h 36^m$
 $\delta = +62^\circ 13'$

HUDF



$N = 4125$
 $2.7' \times 2.7'$
 30^m
 $\alpha = 03^h 32^m$
 $\delta = -27^\circ 47'$

FDF

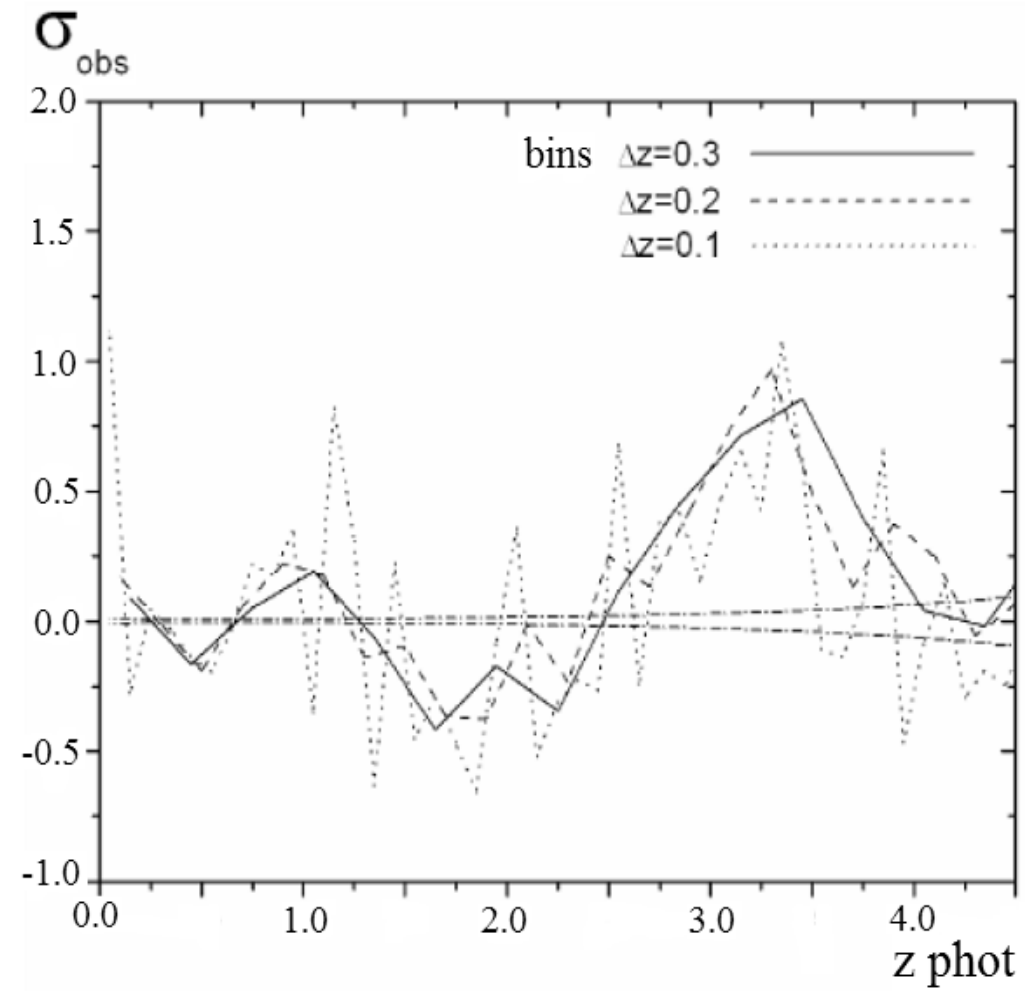
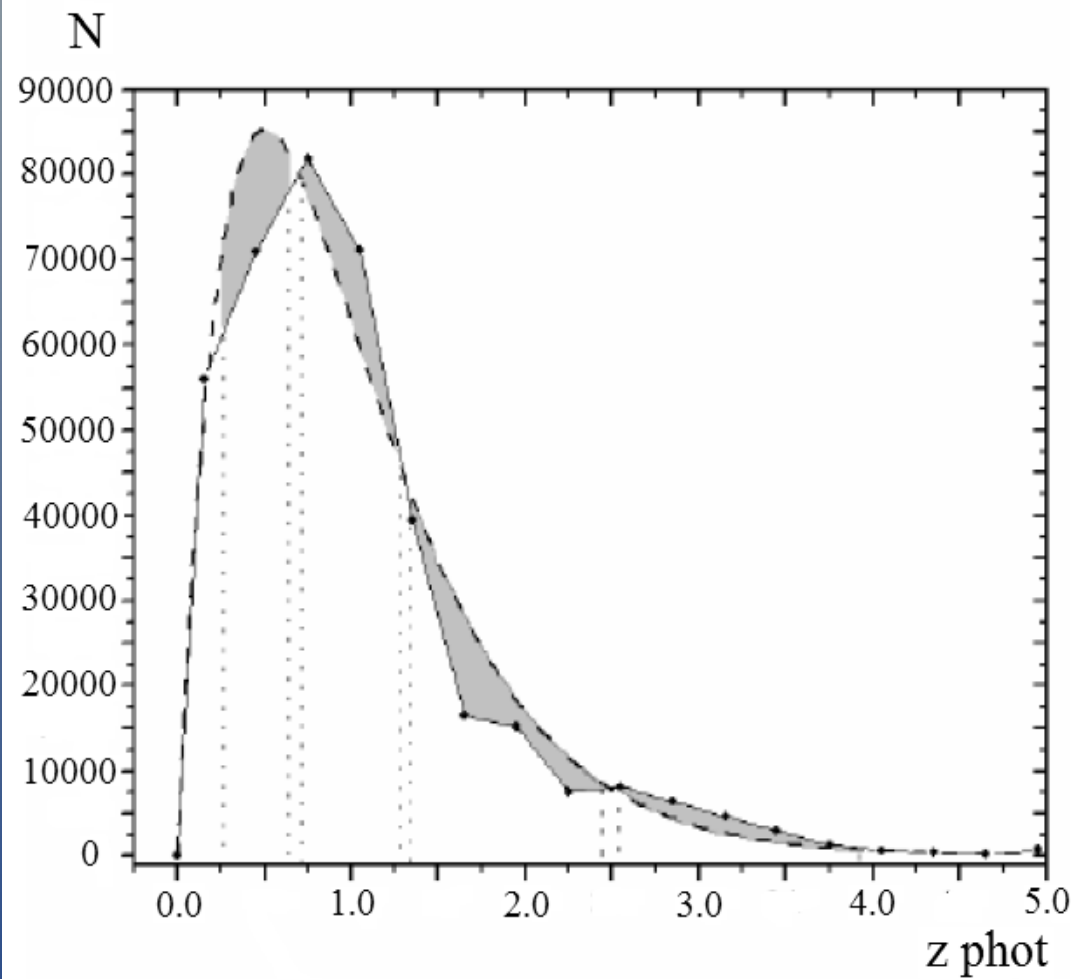


$N = 8753$
 $7.1' \times 7.1'$
 27^m
 $\alpha = 01^h 06^m$
 $\delta = -25^\circ 46'$

Исследованные глубокие поля

Название	Фильтры	Телескопы	Число галактик	Координаты	Предельная m (фильтр B)	Размер поля
COSMOS	30 фильтров от ИК до УФ диапазона	<ul style="list-style-type: none"> • Subaru 4200-9000°A • CFHT 3900-21500°A • UKIRT 12500°A • Spitzer 3.6-8μm • GALEX 1500-2300°A • HST 	~ 500000	$\alpha \equiv 10^{\text{h}}00^{\text{m}}$ $\delta \equiv -01^{\circ}12'$	25 ^m	77' x 77'
HDF-N	WFPC-2 U 3000 A (F300W) B 4500 A (F450W) V 6060 A (F606W) R 8140 A (F814W)	HST	3301	$\alpha \equiv 12^{\text{h}}36^{\text{m}}$ $\delta \equiv +62^{\circ}13'$	29 ^m	2.3' x 2.3'
HUDF	B 4350 A (F435W) V 6060 A (F606W) i 7750 A (F775W) z 8500 A (F850LP)	HST	4125	$\alpha \equiv 03^{\text{h}}32^{\text{m}}$ $\delta \equiv -27^{\circ}47'$	30 ^m	2.7' x 2.7'
FDF	U, B, g, R, I, J, Ks	VLT	8753	$\alpha \equiv 01^{\text{h}}06^{\text{m}}$ $\delta \equiv -25^{\circ}46'$	27 ^m	7.1' x 7.1'

Распределение $dN(z, dz)$ и отклонений $\sigma(z)$ для глубокого поля COSMOS



Вычисление расстояний, линейных размеров и абсолютных зв. величин

$$l(z) = \frac{c}{H_0} \int \frac{1}{\frac{1}{(1+z)} y \left(\frac{\Omega_m^0}{y} + \Omega_{vac}^0 y^2 \right)^{1/2}} dy \quad \text{for } \Omega_m + \Omega_{vac} = 1$$

$$\theta(z) = \frac{d(1+z)}{l(z)} = \frac{d}{l_{ang}(z)}$$

$$m_i(z) = 5 \log(l(z)(1+z)) + C_i(z)$$

$$C_i(z) = 25 + M_i + K_i(z) + A_i + E_i(z)$$

Дополнение