

Наблюдения низкоорбитальных ИСЗ в режиме потокового видео.

Пулковская камера для наблюдений ИСЗ.

И. С. Измайлов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Пулковская обсерватория



Комплекс Горизонт

используется 6 камер
Imperx В 4020М Bobcat



Features

4032/4008 x 2688/2672

Mono or color 8, 10, 12 bit single or dual output
(16 bit is single only)

Normal and over-clock operation (5/7 fps)

10/100/1000 Gigabit Ethernet LAN (RJ-45)

RS232 serial communication

Analog and digital gain and offset control

1x, 2x, 3x, 4x, 8x horizontal and vertical binning

Eight (8) independent horizontal and vertical AOIs

Programmable horizontal and vertical resolution

Programmable line time, frame time and speed

Programmable external trigger

Internal/External exposure control

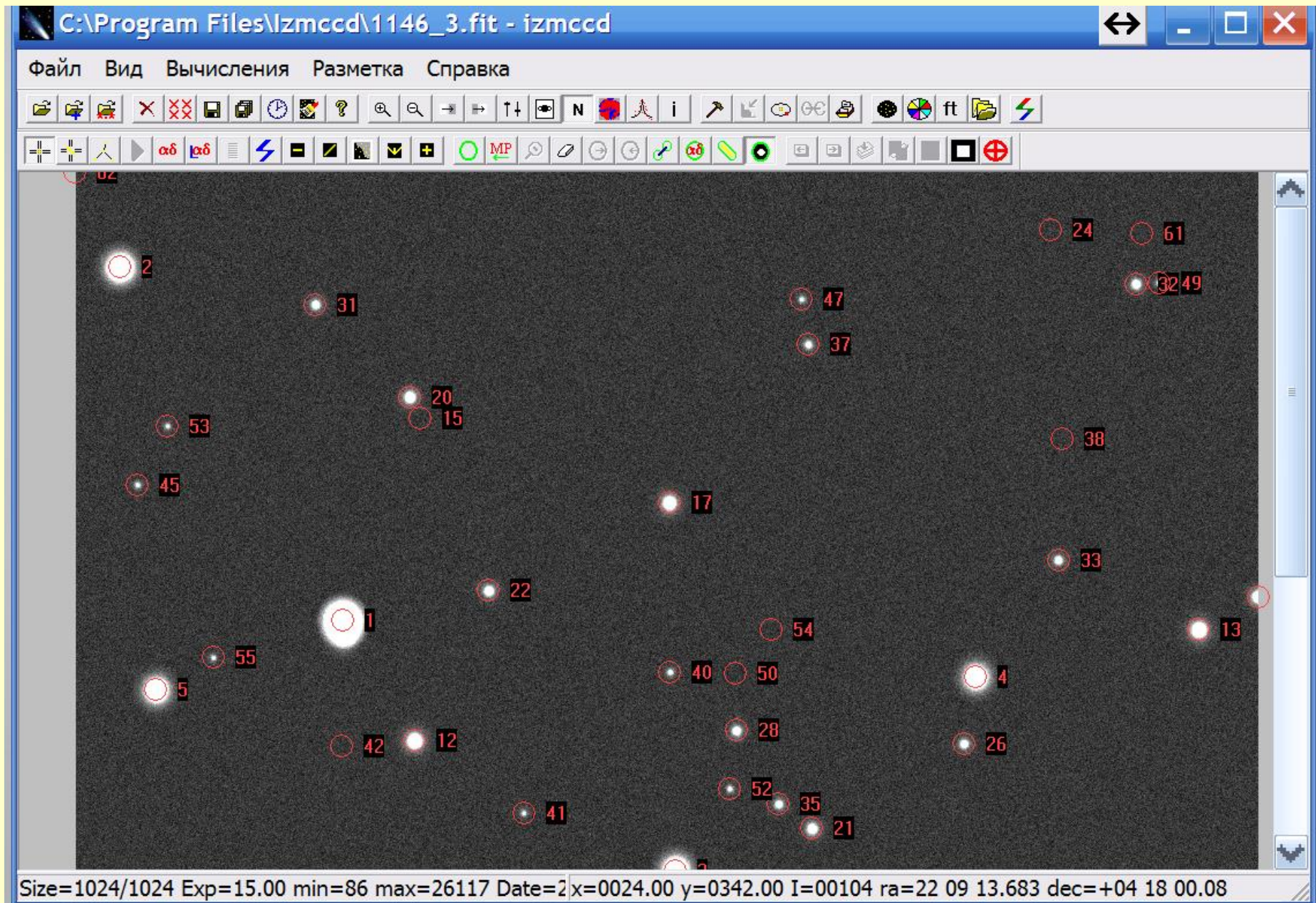
Standard, fast, frame accumulation, double and
asynchronous triggering modes

Automatic gain, exposure and iris control

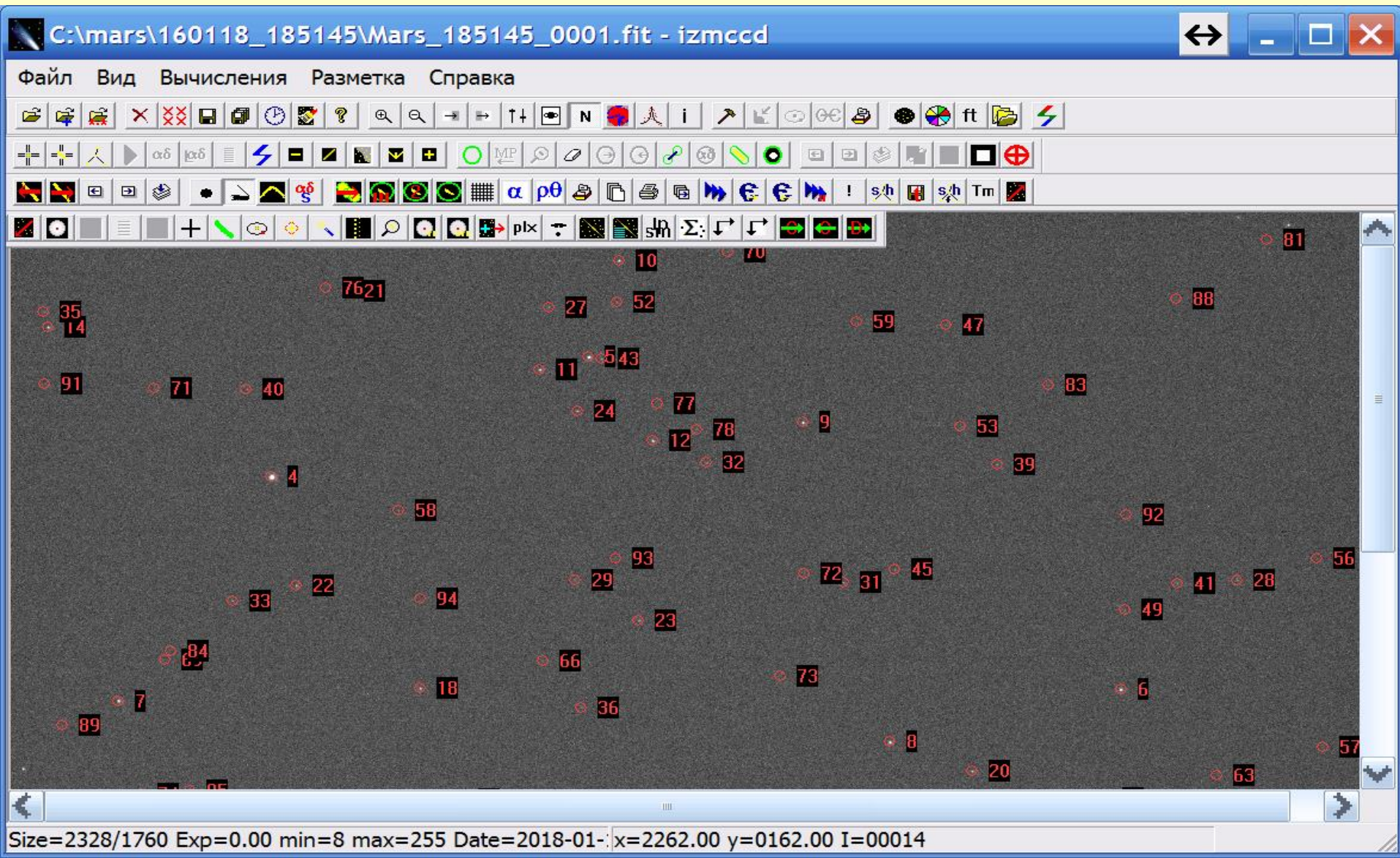
Основная идея

наблюдать с небольшой экспозицией таким образом, чтобы изображения объектов не успевали сильно растянуться за время экспозиции и опорные звезды оставались точкам.

Izmccd



Izmccd расширенная версия





Основная сложность

значительный объем наблюдательного материала.

Для системы горизонт:

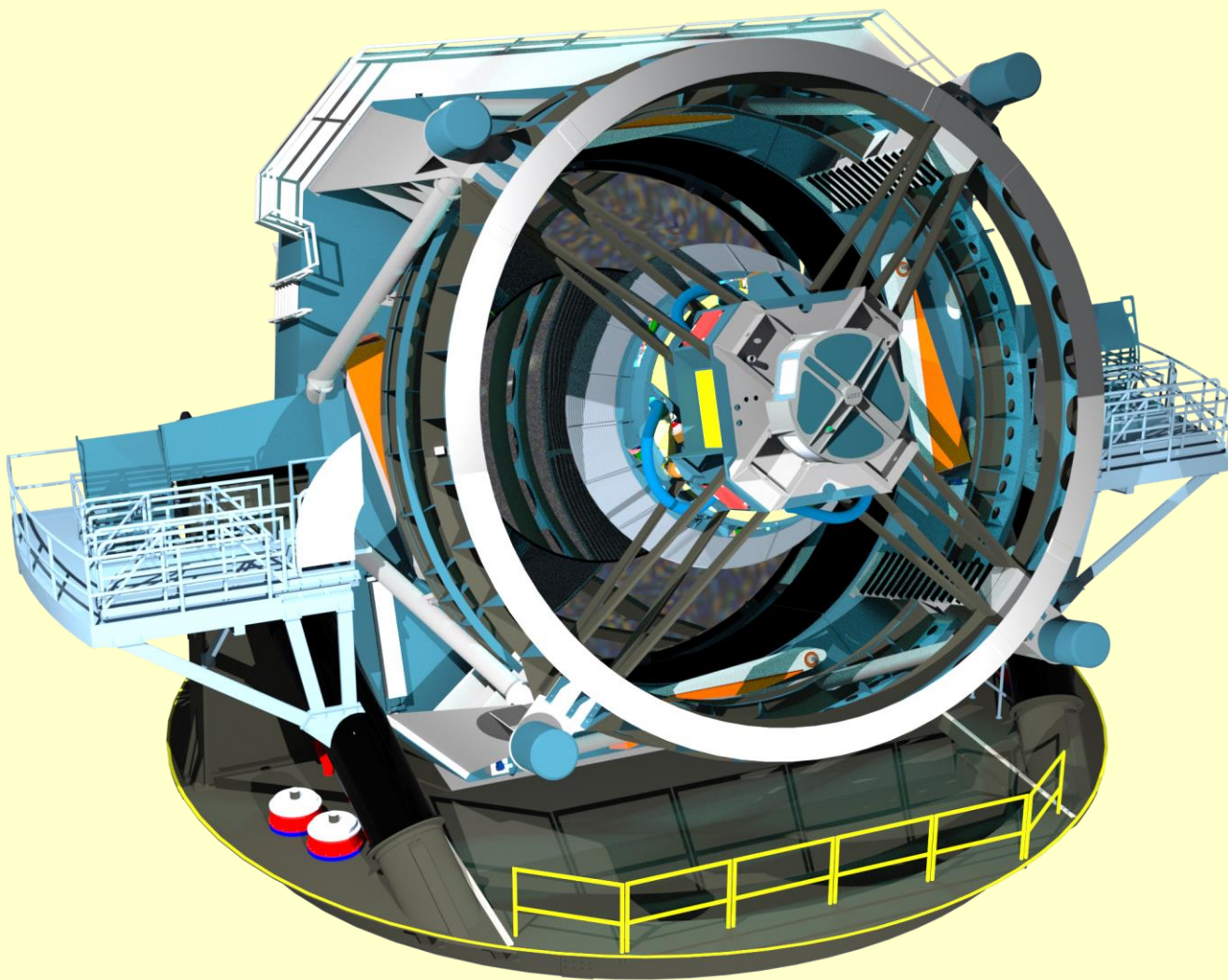
один снимок ~ 10 мега байт

10 мега байт * 5 кадров в секунду

* 3600 секунд в часе * 1000 часов наблюдений
в год * 6 камер ~

~ 1000 терабайт в год.

Проект LSST



Проект LSST

Апертура – 8.4 метров.

Будет снимать всю доступную область неба каждые три ночи.

Планируемый поток данных 1280 терабайта за год.

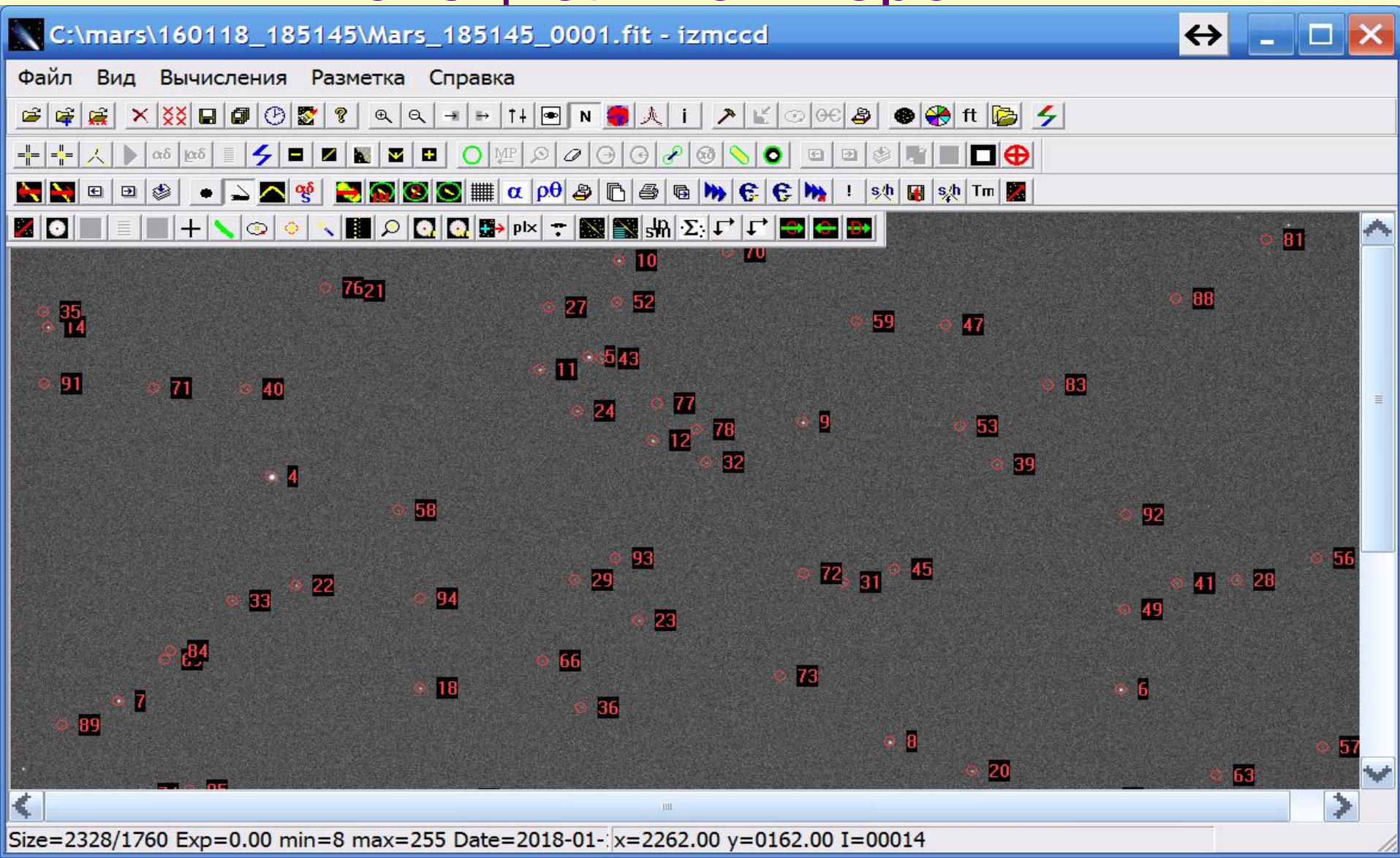
Планируется вычислительный центр мощностью 100 терафлопс.

Таким образом, применение стандартных астрономических программных пакетов не возможно и необходимо разрабатывать высоко специализированную систему ориентированию именно на поставленную задачу.

Если решать задачу стандартными средствами необходим вычислительный кластер мощностью 100 терафлопс.

Izmccd

специальная версия.



Основные черты

- 1 Оптимизированный алгоритм позволяет обрабатывать изображения со скоростью в 2 раза выше скорости получения кадров.
- 2 На кадрах измеряются, путем вписывания ФРТ(PSF), все объекты, вне зависимости от морфологии.
- 3 Детектирование движущихся объектов производится по 3 кадрам.
- 4 Вместе с программой, работающей с камерой, программа обработки составляет полностью автоматический комплекс.

```

int dtpoi::AlfDltS()
{
    //no=1;

    double prz=310;
    int kcd=2; //Выборка из каталога с HDD
    double mmn=1.0; //минимальная звездная величина при выборке из каталога
    double mmx=11.0; //максимальная звездная величина при выборке из каталога
    int catw=6; //6 - UCAC 4
    double t3=10.0; // максимальная невязка в координатах в пикселах, для опорных звезд
    double porog=6.3*3.0; //порог невязок для опорных звезд при вычислен экваториальных координат
    bool qvmr=true; // квадратичная модель редукции
    //bool qvmr=false; // квадратичная модель редукции
    bool mdd=true; // Если истина то положение штриха спутника определять по измеренным координатам опорных на кадре
    //Если ложь то как максимум по маске
    //mdd=false;
    CString tpy=".fit";
    ccdimage* ccd1=(ccdimage*) mccd;
    int vyh=0;
    CString pst=ccd1->mflnm;
    int p1=pst.ReverseFind('\\');
    CString dir=pst.Mid(0,p1);
    p1=pst.ReverseFind('.');
    dir0=dir+"\\";
    CFile res(dir0+"RaDcMv1.txt",CFile::modeWrite|CFile::modeCreate);
    CFile res2(dir0+"ForFot.txt",CFile::modeWrite|CFile::modeCreate);
    CFile res3(dir0+"ForFot.bin",CFile::modeWrite|CFile::modeCreate);
    res2.Close();
    res3.Close();

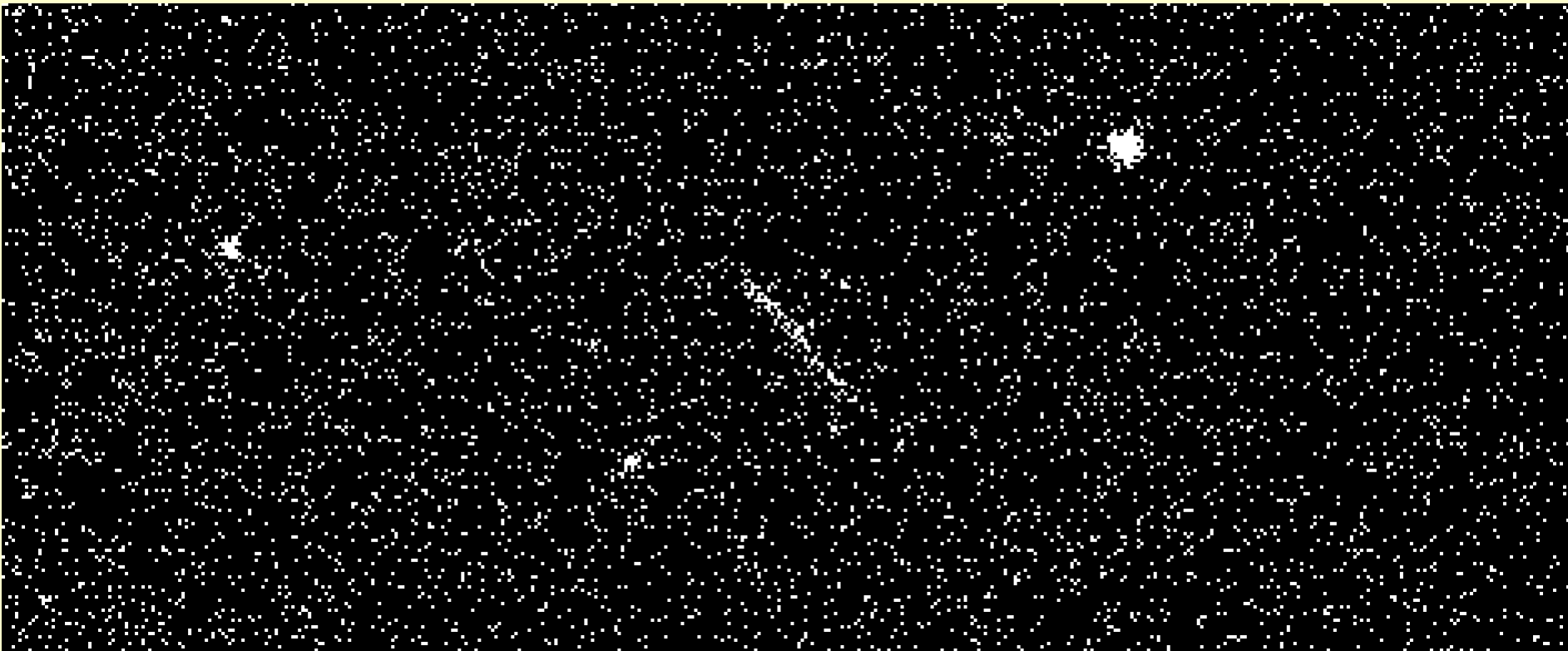
    double* ra=0;
    double* dc;
    double* mdd;

```

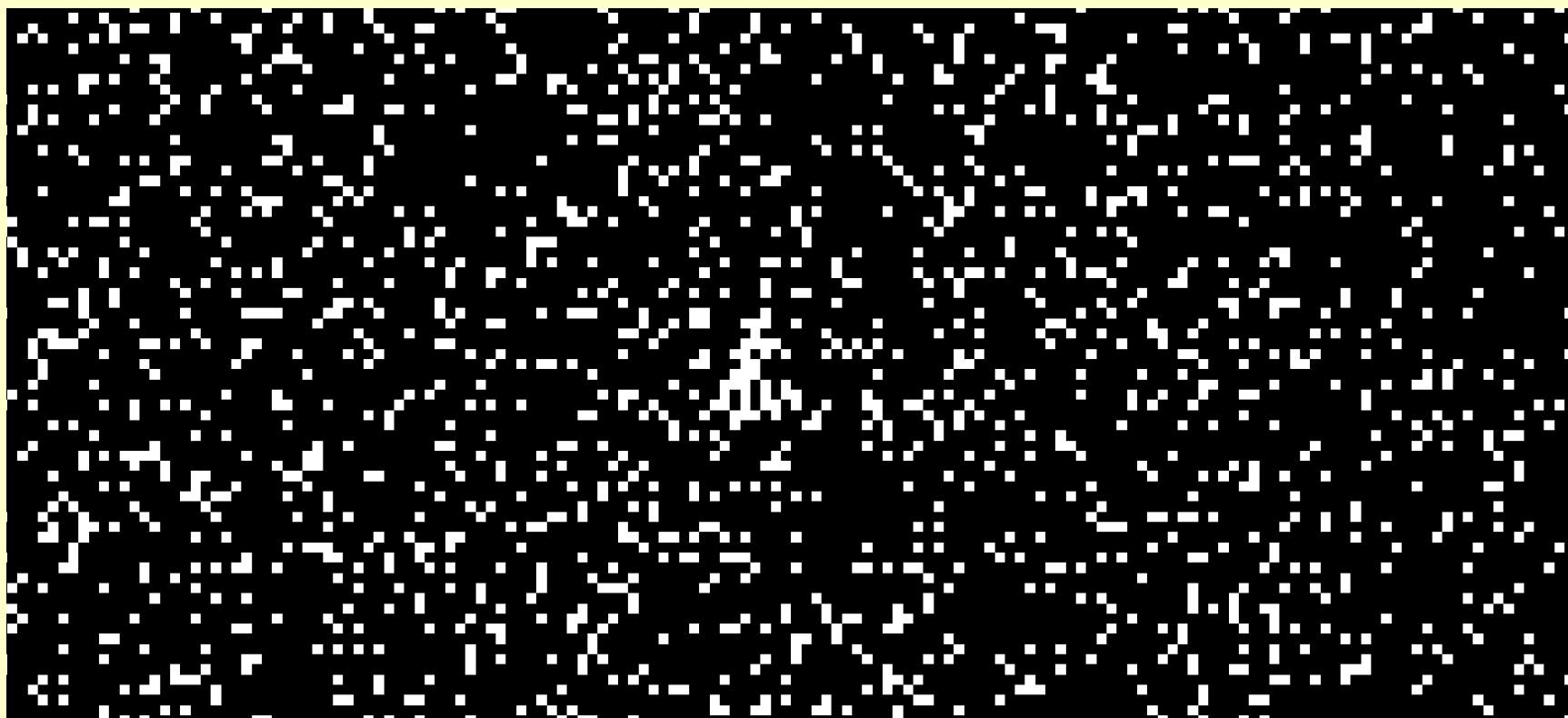
Объем спец. кода ~15 000 строк.

В Izmtssd всего сейчас ~122 000 строк.

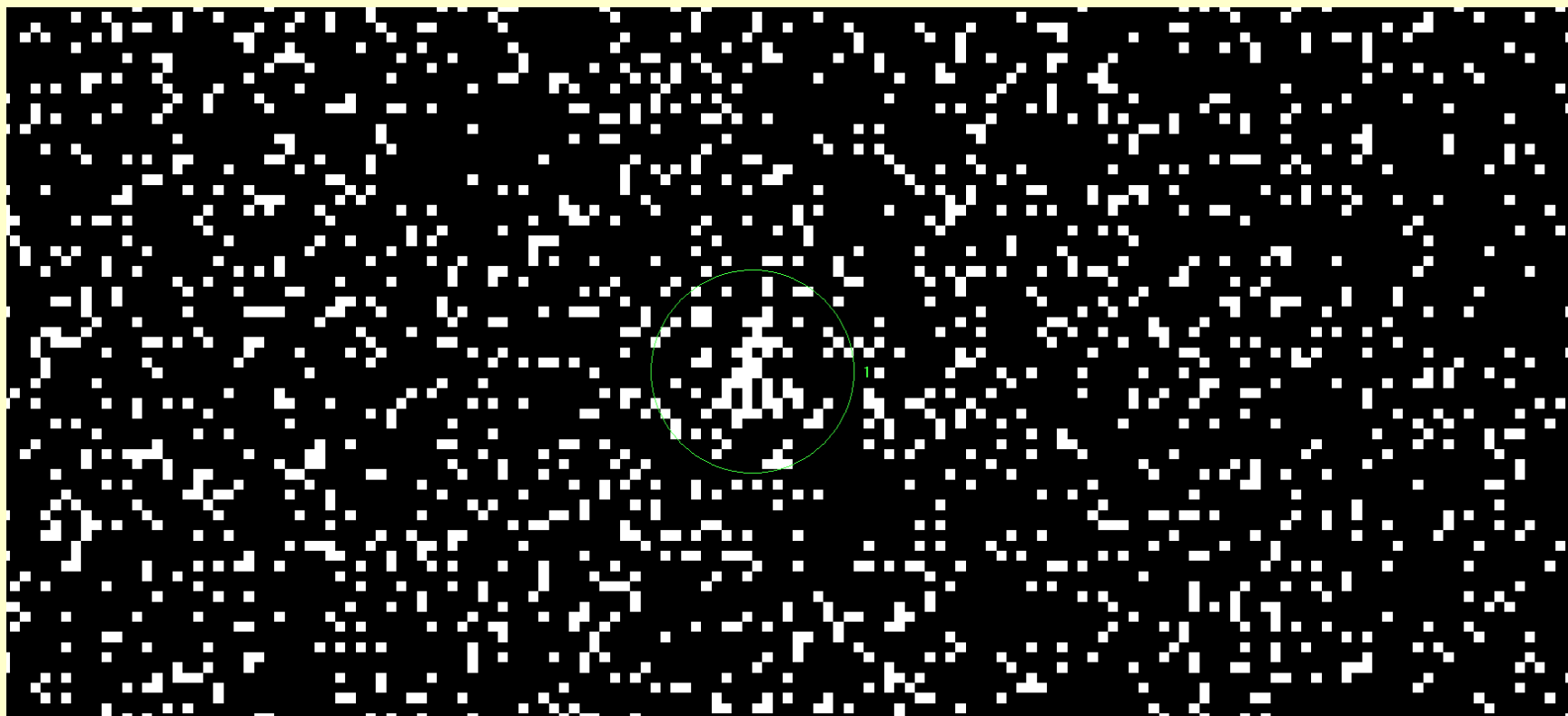
Слабый объект



Очень слабый объект



Очень слабый объект







Таир-3 + Imperx B 4020M Bobcat

Поле зрения 4.5 x 7 градусов

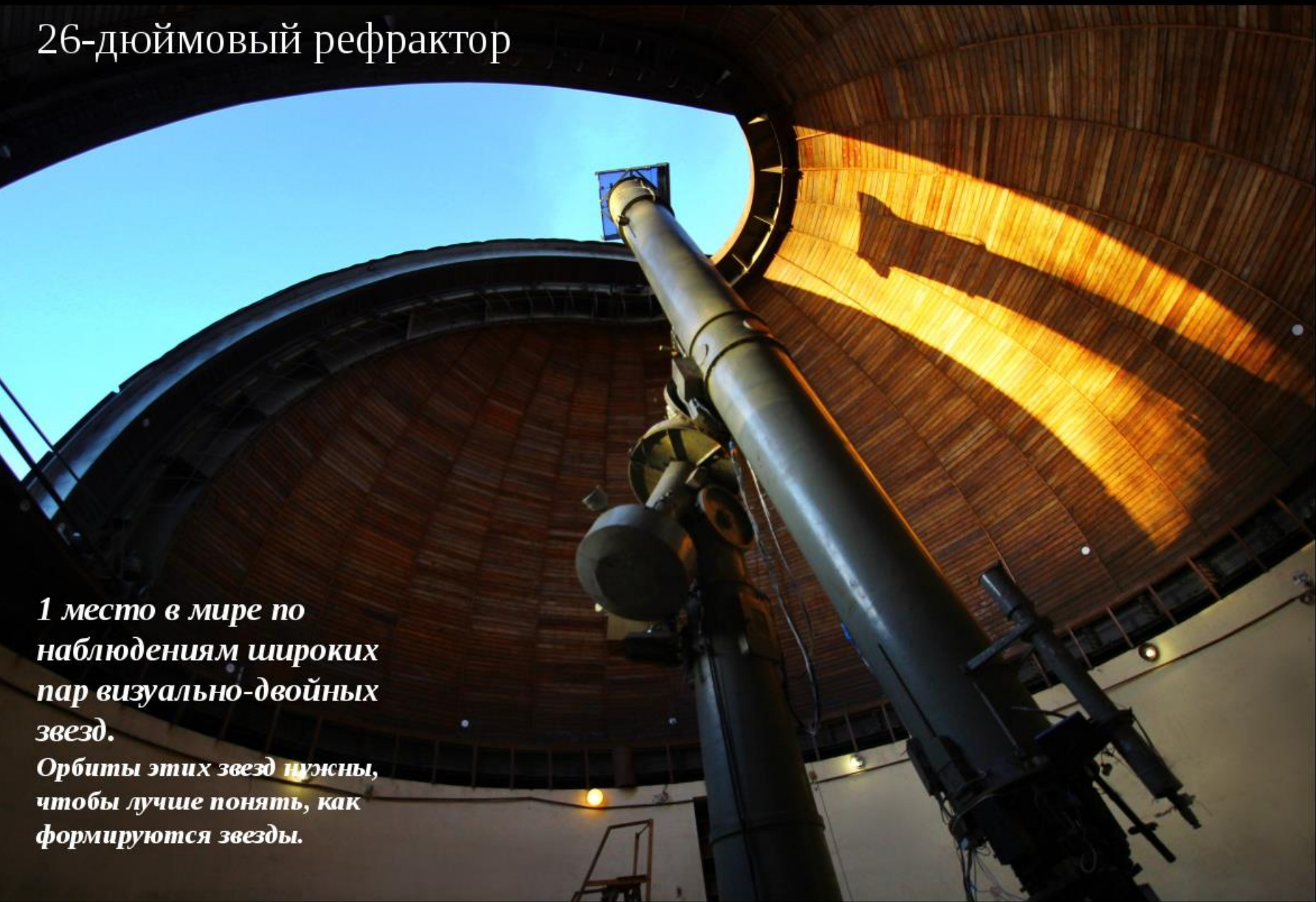
Фокусное расстояние – 300 мм

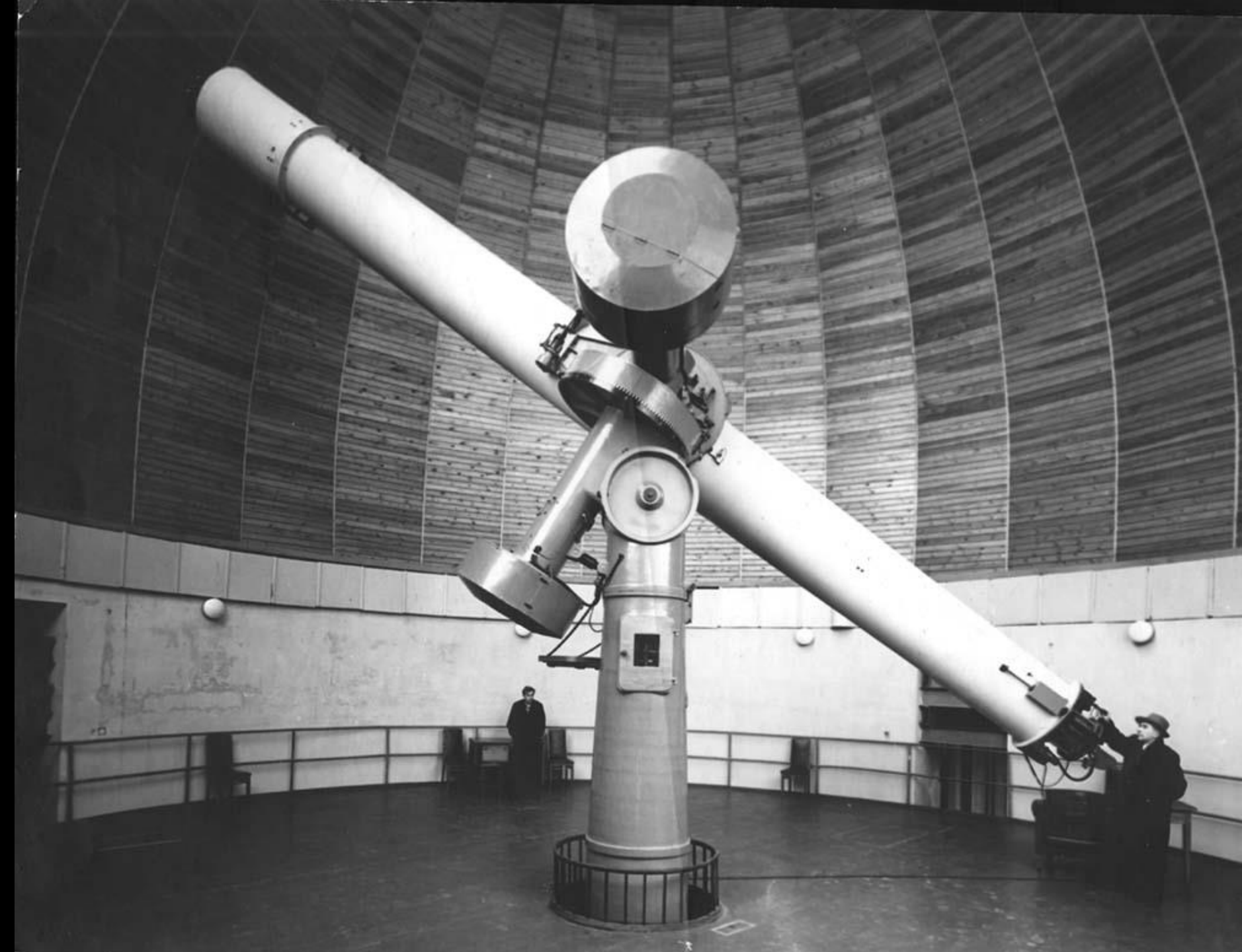
Масштаб – 6.2 секунды на пиксель

26-дюймовый рефрактор

*1 место в мире по
наблюдениям широких
пар визуально-двойных
звезд.*

*Орбиты этих звезд нужны,
чтобы лучше понять, как
формируются звезды.*





О применении отечественных широкоугольных объективов для задач ККП (На основе пробных наблюдений, проведенных в Одесской АО)

П.П. Сухов¹, С.К. Волков¹, Г.И. Карпенко¹, В.В. Титенко², Е.К. Губин¹

1. НИИ "Астрономическая обсерватория" ОНУ им. И.И.Мечникова

2. Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково

В ОАО на наблюдательной станции Маяки (40 км за городом) проведены пробные наблюдения экваториальной области с применением недорогих, отечественных, малоформатных (фокальная плоскость 24x36 мм и менее) фотографических линзовых объективов с целью:

1. Попытаться получить на таких объективах проникающую способность близкую к 14m-15m в поле зрения телескопа 3°-7° за время накопления 10-30 сек.
2. Используя ПО "Апекс-2" (автор В. Куприянов, ГАО РАН, Пулково) определить возможность программного обнаружения, детектирования малоподвижных ВОКО типа ГСС, ВЭО на фоне звезд, многочисленных помех.
3. При решении задачи 1, определить оптимальные характеристики коммерчески доступной (цена), широкопольной оптики (ШПО).

Отбор объективов производился по критериям: относительное отверстие (1:1.5 и менее), входной зрачок (5 см и более), качество изображения по всему полю. Из имевшихся в наличии объективов семейств ("Гелиос", "Зенит", "Юпитер", "Таир", "Мир", "ОФ", "Уран", "МТО" и др.), отобраны: **"Зенитар-М 50\1.7"**, **"Гелиос-40 58\1.5"**, **"Вариогоир Т-1-М 40-400\4"**, **"ОФ-233 210\2.5"**. Время экспозиции выбиралось эмпирически для каждого объектива исходя из следующих соображений. Штрихи от звезд не должны быть очень короткими: в таком случае визуально и программно нереально отличить изображение КО от штрихов звезд. Также штрихи от звезд не должны быть очень длинными; т.к. вероятность "наезда" звезды на изображение КО значительно возрастает, что также влечет увеличения погрешности при вычислении координат КО.

РАЗРЕШЕНИЯ МИНИ-МЕГАТОРТОРА (ММТ)

© 2017 Г. М. Бескин^{1,2*}, С. В. Карпов^{1,2}, А. В. Бирюков^{3,2}, С. Ф. Бондарь⁴,
Е. А. Иванов⁴, Е. В. Каткова⁴, Н. В. Орехова⁴, А. В. Перков⁴, В. В. Сасюк^{5,6}

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

²Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Казань, 420008 Россия

³Государственный астрономический институт им. Штернберга Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва, 119991 Россия

⁴АО «Научно-производственная корпорация «Системы прецизионного приборостроения», Станция оптических наблюдений «Архыз», Нижний Архыз, 369167 Россия

⁵Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, 420008 Россия

⁶ООО «Параллакс», Казань, 420137 Россия

Поступила в редакцию 10 ноября 2016 года; принята в печать 2 декабря 2016 года

В работе описываются характеристики широкопольной 9-канальной системы оптического мониторинга неба с субсекундным временным разрешением Mini-MegaTORTORA (ММТ). Этот инструмент позволяет наблюдать области небесной сферы с размерами вплоть до 900 кв. градусов, а также проводить фотометрию в трёх цветовых полосах, близких к джонсоновским BVR , и поляриметрию избранных объектов или площадок размером 100–300 кв. градусов. Временное разрешение системы составляет 0.1 с при проницании около 11 зв. величины (фильтр V), которое при минутных экспозициях достигает 15 зв. величины. Снабженная мощным вычислительным комплексом и специализированным программным обеспечением, система проводит автоматизированный поиск, классификацию в реальном времени и исследование транзитных явлений разной природы, локализованных как в окрестностях Земли, так и далеко за пределами Галактики. В число объектов, массово обнаруживаемых при наблюдениях на ММТ, входят слабые метеоры и искусственные спутники Земли. В работе обсуждаются возможные астрономические задачи, которые можно решать с помощью ММТ, и описываются результаты первых двух лет работы инструмента. В частности, приводятся характеристики обнаруженной 25 июня 2016 г. оптической вспышки, сопровождавшей гамма-всплеск GRB 160625B.

Наблюдения 21.05.17

идентификация В.В. Титенко

накл			накл		
13168/82040J	SL-8 R/B	74.1	06829/73065B	SL-8 R/B	82.9
37347/11001D	SL-23 DEB	50.3	05218/71041J	SL-8 R/B	74.0
14522/83115B	SL-14 R/B	73.6	37935/11069C	BREEZE-M DE	47.9
25344/98032C	IRIDIUM 73	86.4	25343/98032B	IRIDIUM 72	86.4
38732/94089D	NOAA 14 DEB	98.7	19195/88046A	COSMOS 1950	73.6
25650/99012B	GLOBALSTAR	52.0	25977/99064A	HELIOS 1B	98.1
27567/02055B	ATLAS 2A CE	26.9	41583/16035C	BREEZE-M DE	50.8
23527/95012B	SL-8 R/B	82.9	11608/79095B	SL-3 R/B	81.2
25773/99031D	GLOBALSTAR	52.0	06154/72066A	COSMOS 516	64.8
03229/68040A	COSMOS 220	74.0	40310/14072A	YAOGAN 24	98.0
12889/81100C	THOR DELTA	99.9	39249/13048A	GONETS M 05	82.5
40058/14034F	PSLV R/B	98.1	10730/75027E	DELTA 1 DEB	114.9
07714/75023A	METEOR 1-21	81.2	10514/77117A	METEOR 2-3	81.2
08799/76032A	METEOR 1-24	81.3	28651/05017C	PSLV R/B	97.9
16191/85100A	METEOR 3-1	82.6	37941/11072A	YAOGAN 13	97.5
17590/87027B	SL-16 R/B	71.0	05847/72009B	SL-8 R/B	74.0
11751/80026B	SL-8 R/B	65.8	16495/86006A	COSMOS 1726	82.5
35501/09036D	SL-19 R/B	82.5	12836/81091B	SL-8 R/B	82.9
40287/14066B	CZ-2C R/B	98.0	24904/97043B	IRIDIUM 25	86.4
18986/88023B	SL-8 R/B	83.0	41394/16020A	COSMOS 2515	97.7
10541/77123B	SL-14 R/B	75.8	23751/95072A	IRS 1C	98.7
02802/67045B	SL-8 R/B	74.0			

Камера ZWO asi1600



Стоимость - \$1 280

Размер датчика - 18x13.5 мм

Точности координат (набл. 31.01)

UTC			Δt	N	σ_1	σ_2	σ_α	σ_δ
15	9	34	9.8	40	1.07	5.61	1.88	5.39
15	11	32	13.0	53	1.65	6.93	2.01	6.83
15	19	53	7.7	32	0.75	5.33	1.02	5.28
15	24	54	12.5	51	1.03	6.27	1.42	6.19
15	27	21	4.5	19	0.90	6.40	3.01	5.72
15	30	41	19.5	79	1.02	4.45	1.08	4.43
15	35	34	12.3	47	1.18	7.85	2.38	7.57
15	38	49	9.7	40	0.88	4.53	0.93	4.52
15	39	26	11.3	46	1.43	4.92	1.43	4.92
15	45	32	12.5	49	0.83	9.94	7.33	8.08
15	46	24	17.2	65	1.80	9.16	5.16	8.24
16	1	50	6.7	20	0.69	10.76	3.04	11.22
16	6	58	4.5	18	1.18	8.87	8.03	3.96
16	11	24	8.2	34	0.69	4.86	4.58	1.78
16	26	10	12.7	51	1.32	8.43	3.46	8.33
16	26	33	14.2	55	1.16	7.57	1.47	7.51
16	30	18	7.8	32	0.99	7.27	3.68	6.35
16	32	7	9.5	39	2.26	7.07	3.59	6.50
16	32	34	6.0	25	1.04	8.35	5.30	6.53

Средняя внутренняя точность астрометрических координат для одного кадра:

поперек траектории 1".02,

вдоль траектории 6".86.

Для объекта на расстоянии в 1000 км пространственная точность координат поперек траектории:

~5 метров

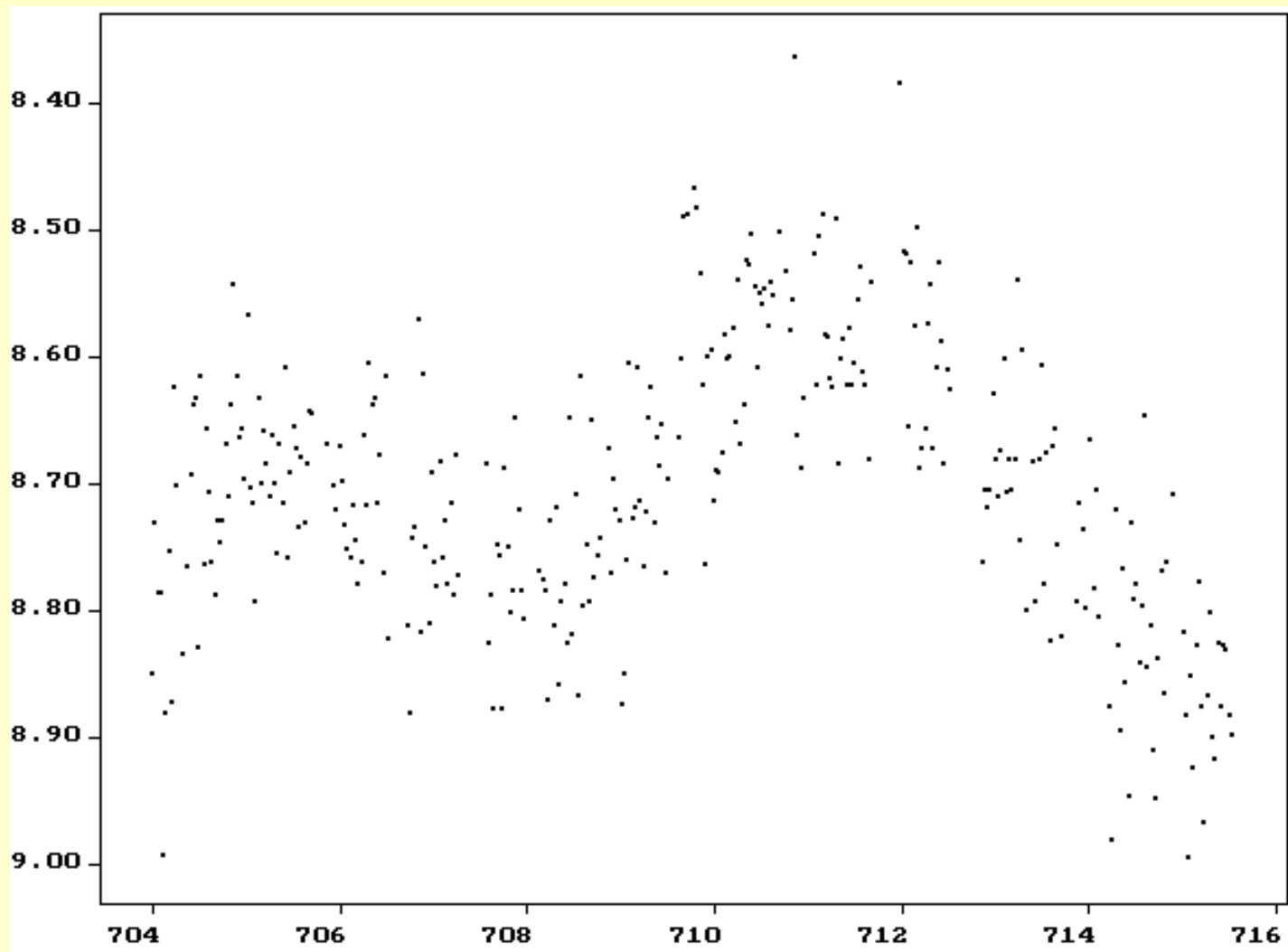
Предельная звездная величина:

11m

на 1000 км:

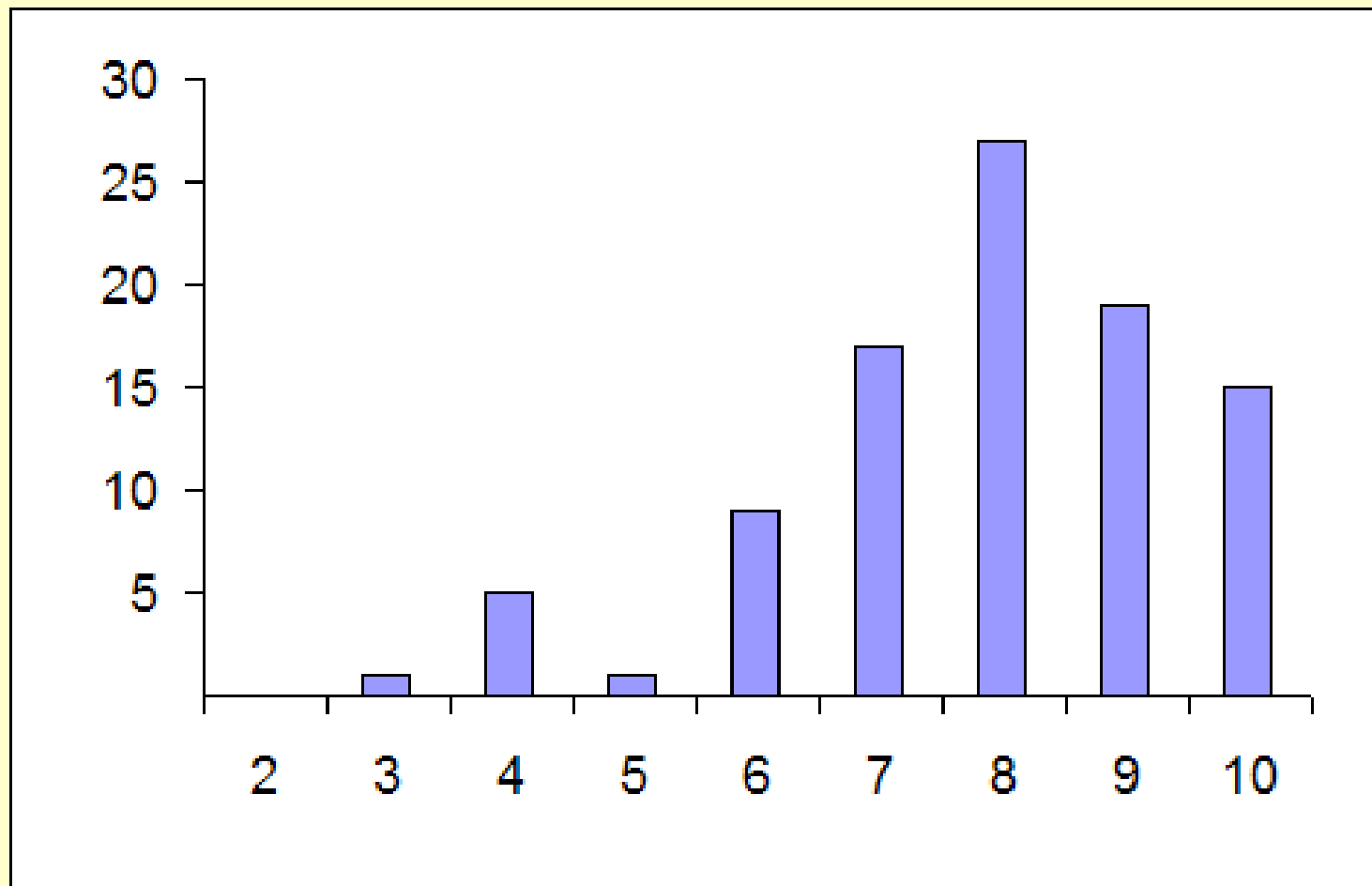
~10см

Фотометрия



MJD 58134.67 +

Распределение по звездным величинам





Объектив Samyang 85mm f/1.4.

Апертура 60 мм.

Масштаб с камерой ZWO asi1600 18.7
"/пиксель.

Поле $12^{\circ} \times 9^{\circ}$

Число объектов за ночь ~100

Точность поперек траектории ~ 4".25

Астероиды



Астероид размером 1 метр

Абсолютная звездная величина ~ 33

Звездная величина на расстоянии 1000км ~ 9

Итоги

- Наблюдения и обработка наблюдений полностью автоматическая.
- Устройство готово к копированию.
- Стоимость одного элемента системы ~\$1900 или ~110 тыс. рублей.
- Систему легко отмасштабировать на 10-100-1000 элементов.