

Определение собственных движений быстрых звезд на основе данных цифровых обзоров неба.

Куликова А.М., Ховричев М.Ю.

Введение. Gaia.

Основное население ближайших окрестностей Солнца:

М-карлики

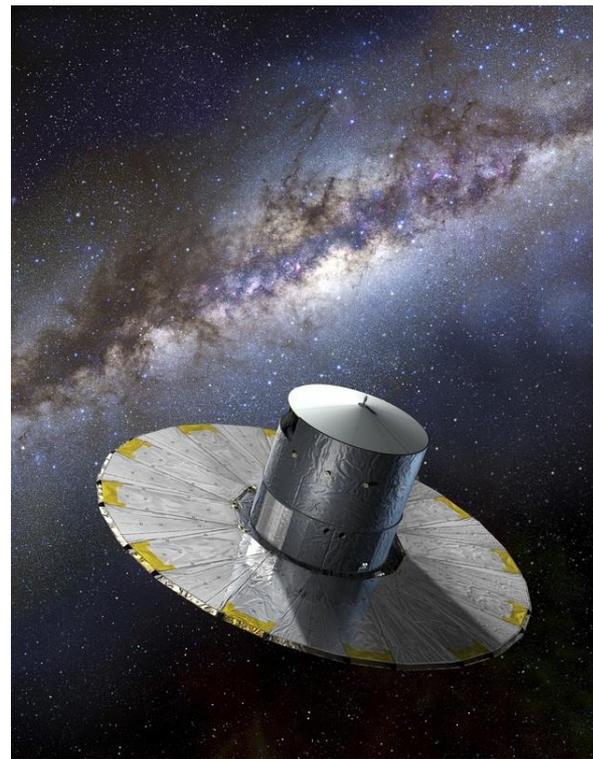
Субкарлики

Белые карлики

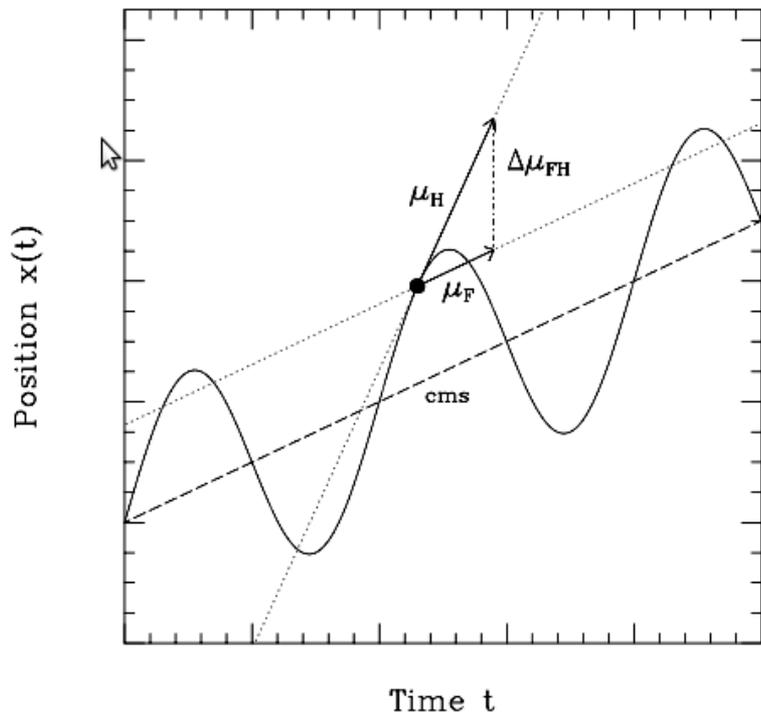
Коричневые карлики

Построение эмпирических зависимостей “масса-светимость” и “масса-радиус”.

Быстрые звезды: $\mu > 0.1$ arcsec/yr.



Метод $\Delta\mu$ -двойных Вилена. Первые исследования.



1123 быстрых звезд из каталога LSPM.

Результат: 70 $\Delta\mu$ -двойных (Хруцкая и др., 2011).

Координаты:

M2000

CMC14

2MASS

SDSS DR7

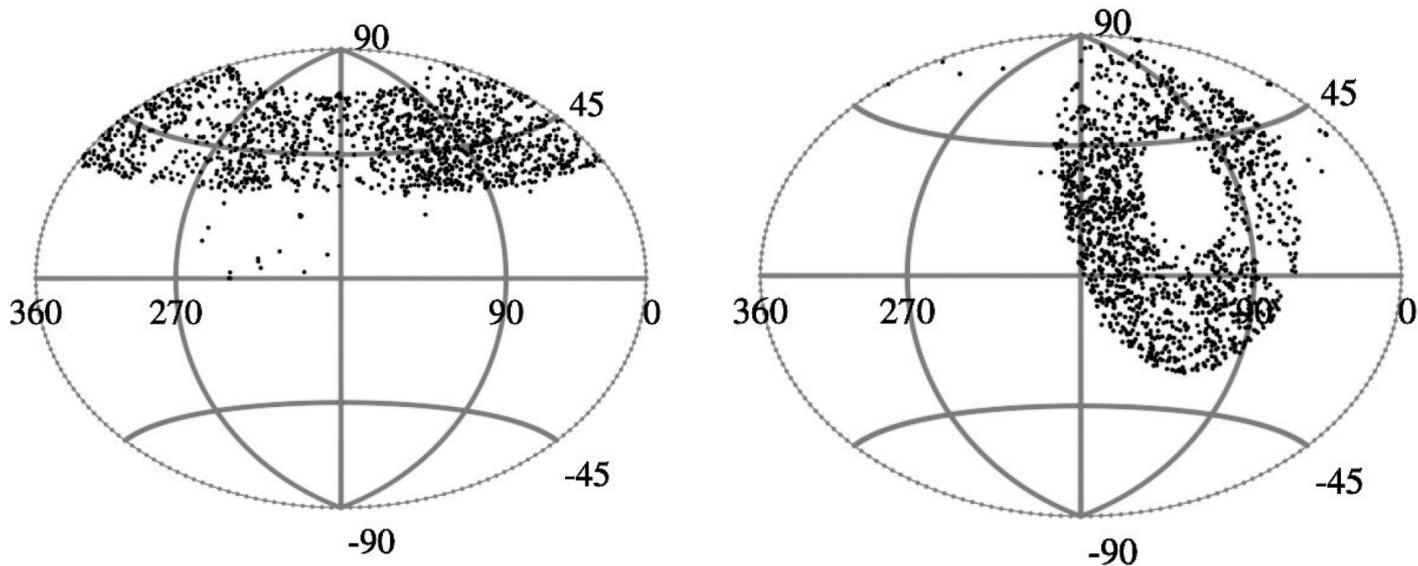
Собственные движения:

LSPM

Система - ICRF/Tycho2.

Наблюдения и обработка данных.

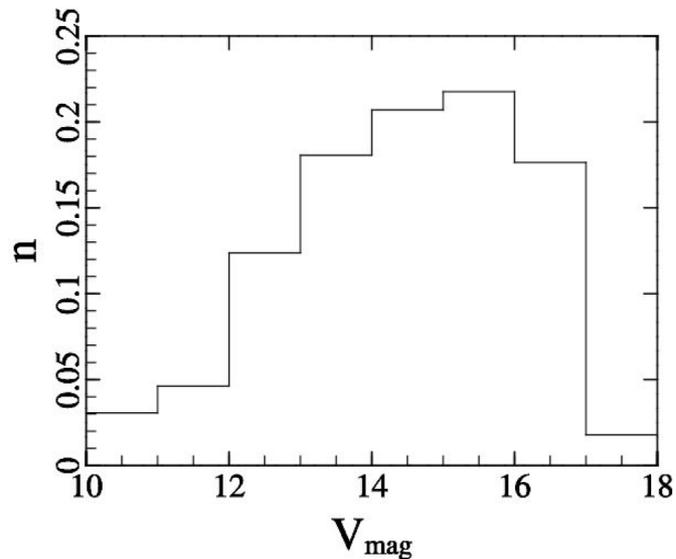
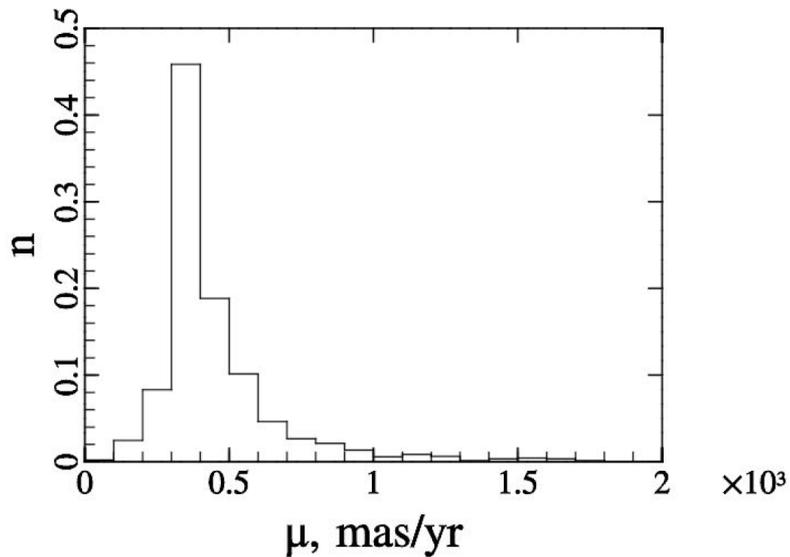
Формирование списка звезд и особенности наблюдений.



Распределение звезд пулковской программы наблюдений по небесной сфере в экваториальной (слева) и галактической (справа) системах координат.

Наблюдения и обработка данных.

Формирование списка звезд и особенности наблюдений.



Распределение звезд пулковской программы по величине полного собственного движения (слева) и по звездной величине (справа).

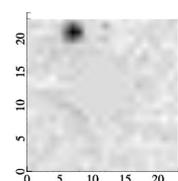
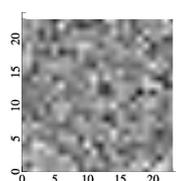
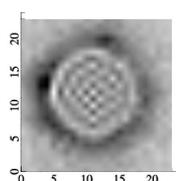
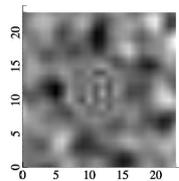
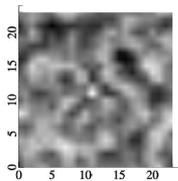
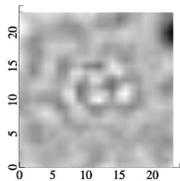
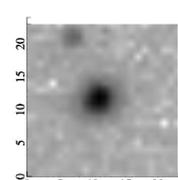
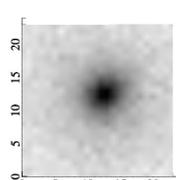
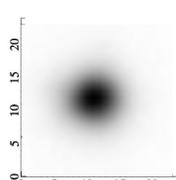
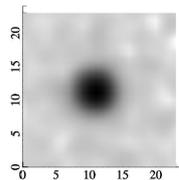
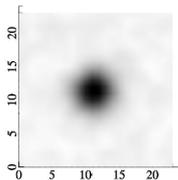
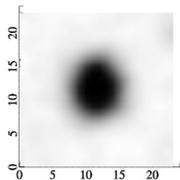
Наблюдения и обработка данных.

Использование данных цифровых обзоров.

1. SDSS DR12 (Алам и др., 2015);
2. 2MASS (Кутри и др., 2003);
3. WISE (Райт и др., 2010) - были использованы только кадры “холодной” части миссии - W1 и W2;
4. STScI DSS (Ласкер и др., 1998) - сканы пластинок Паломарского обзора неба POSSI-O и POSSII-J.

Наблюдения и обработка данных.

Определение пиксельных координат. Shapelet-анализ.



POSS1

POSS2

2MASS (J)

SDSS (g)

PNA

WISE (w1)

snr = 56

snr=61

snr=767

snr=1377

snr=24

snr=434

n=8

n=5

n=7

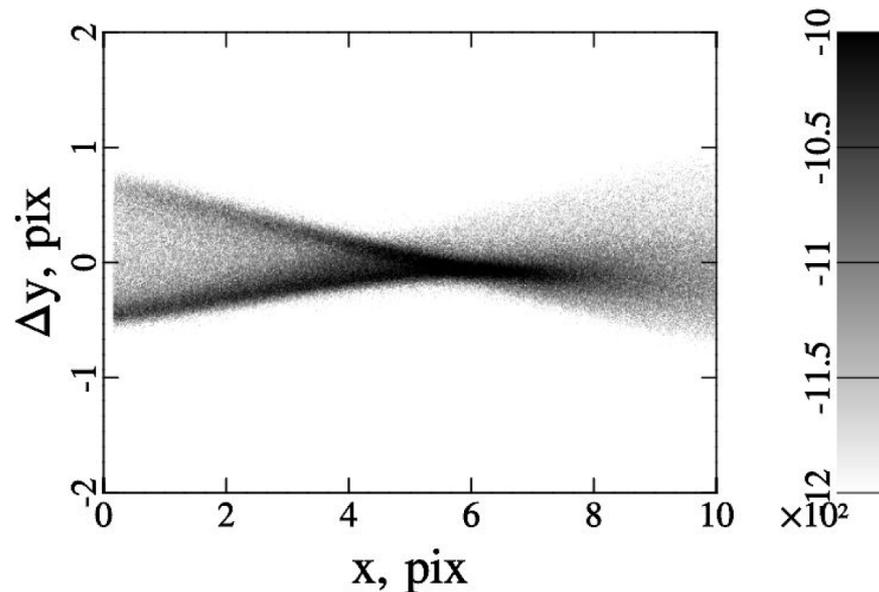
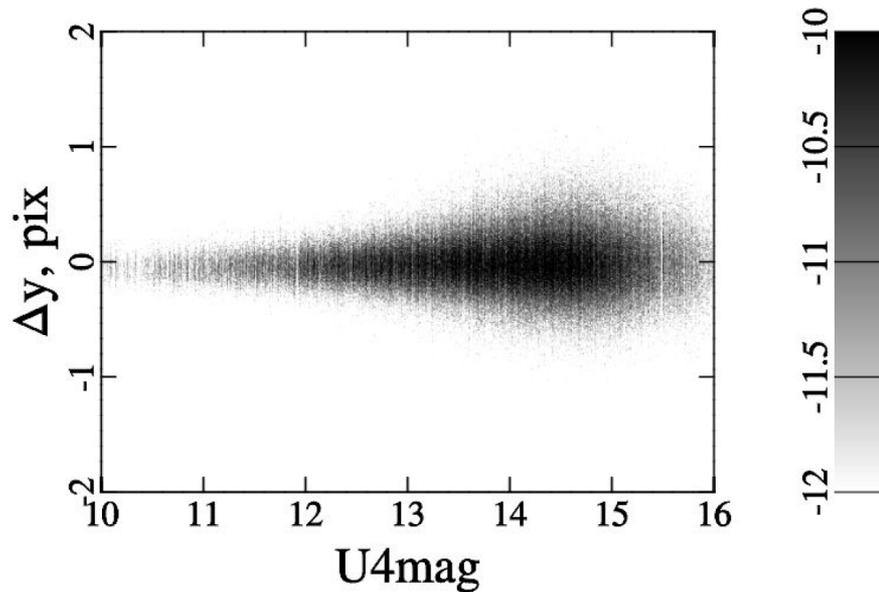
n=13

n=8

n=11

Наблюдения и обработка данных.

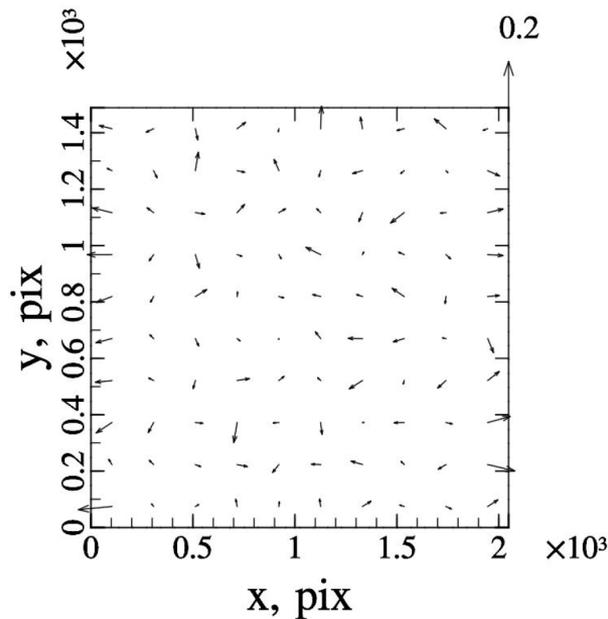
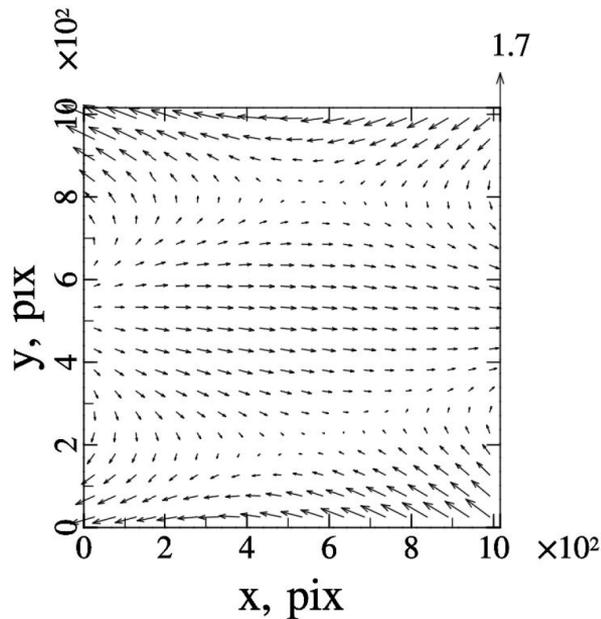
Анализ систематических ошибок координат звезд в разных обзорах.



Примеры зависимостей остаточных разностей координат звезд от блеска и положения на кадре. Слева - пулковских ПЗС-кадров (0.950 arcsec/pix), справа - WISE (w1, 2.758 arcsec/pix).

Наблюдения и обработка данных.

Анализ систематических ошибок координат звезд в разных обзорах.



Примеры векторных полей остаточных разностей пиксельных координат звезд в диапазоне $14^m - 16^m$. Слева - WISE (w1, 2.758 arcsec/pix). Справа - SDSS DR12 (r, 0.396 arcsec/pix).

Телескоп «Сатурн»

$D = 1 \text{ м}, F = 4 \text{ м}$

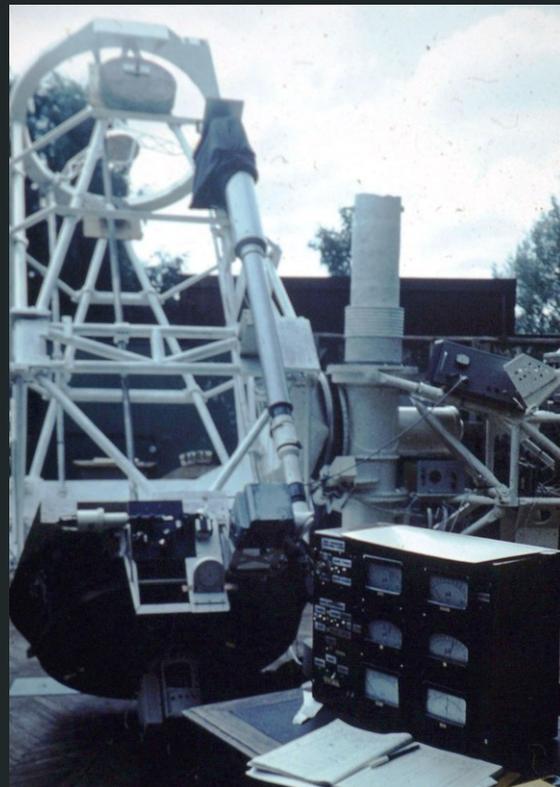
Камера S2C (1024x1024, пиксель 16 мкм)

Масштаб — 800 mas/pix

Рабочее поле — 14x14 arcmins

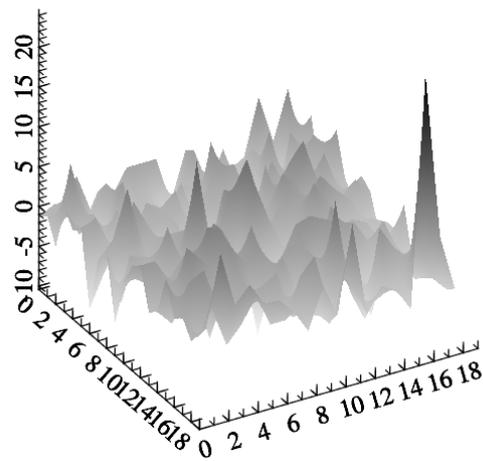
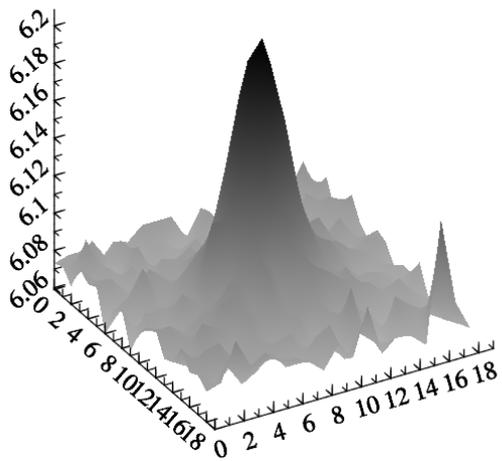
Телескоп установлен на альт-азимутальной монтировке.

Телескоп автоматизирован.



Телескоп «Сатурн»

По сравнению с Нормальным астрографом, «Сатурн» позволяет уверенно наблюдать звезды до 19 звездной величины (в перспективе и более слабые — за порогом Gaia).



Пример изображения звезды 17 звездной величины на одном из кадров, построенных путем суммирования 4-х кадров одной из серий. Слева - исходное изображение (отсчеты по вертикали приведены в логарифмической шкале), справа - результат вычитания модельного изображения, полученного путем использования shapelet-разложения исходного изображения. Отношение сигнал/шум для максимального отсчета этого изображения составляет 15.06.

Телескоп «Сатурн»

Список звезд, которые наблюдались на телескопе «Сатурн» в марте 2015.

LSPM	RA	<u>Dec</u>	<u>Vmag</u>	<u>Plx[mas]</u>	<u>mu_RA</u>	<u>&mu_DE</u>
J0610+2234	06:10:22.46	+22:34:20.4	16.43	62.6	0.039	-0.162
J0900+2150	09:00:23.55	+21:50:04.8	16.20	161.9	-0.513	-0.591
J0929+2558	09:29:11.08	+25:58:09.4	16.63	53.7	-1.049	-0.272
J1000+3155	10:00:50.25	+31:55:45.4	16.13	77.1	-0.408	-0.327
J1311+2520	13:11:51.79	+25:20:50.7	16.49	58.8	-0.477	-0.169
J1422+2352	14:22:20.08	+23:52:35.1	16.03	59.0	-0.245	0.038
J1444+3002	14:44:17.17	+30:02:14.3	18.99	72.9	-0.106	-0.335
J1524+2925	15:24:24.75	+29:25:31.5	18.65	94.7	-0.058	-0.628
J1525+3112	15:25:43.55	+31:12:12.2	16.49	63.6	0.013	-0.241

В таблице приведены оценки фотометрических параллаксов. То есть это очень близкие звезды и коричневые карлики.

Точность определения координат звезд 16 — 18 зв. вел. 20 — 50 mas в системе URAT1.

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

Определение собственных движений.

SDSS - 5 полос

WISE - 4 полосы

2MASS - 4 полосы

Стандартные ошибки положений:

SDSS и MASS2 - [20 - 40] mas;

WISE - [80 - 150] mas;

PNA - [50 - 100] mas.

Варианты собственных движений:

1. Линейная МНК-аппроксимация по всем точкам;
2. "Квазисреднее" по POSS2-POSS1;
3. "Квазимгновенное" - линейная МНК-аппроксимация по 4 поздним точкам.

$$F^2 = \left(\frac{\Delta\mu_\alpha \cos\delta}{\varepsilon_{\mu\alpha}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta\mu_\delta}{\varepsilon_{\mu\delta}} \right)^2$$

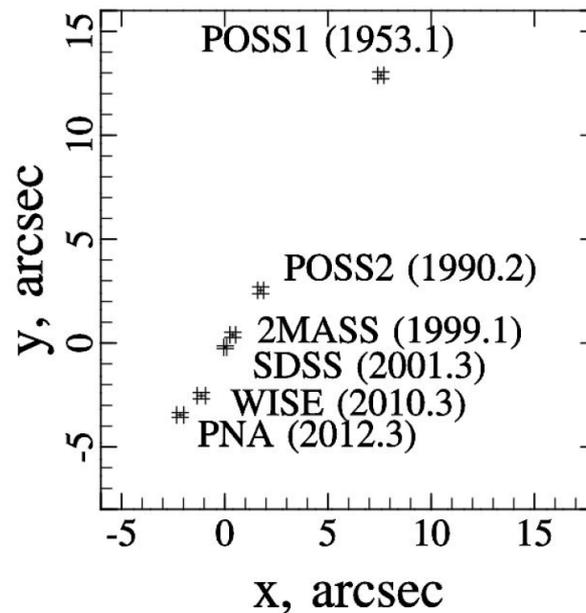
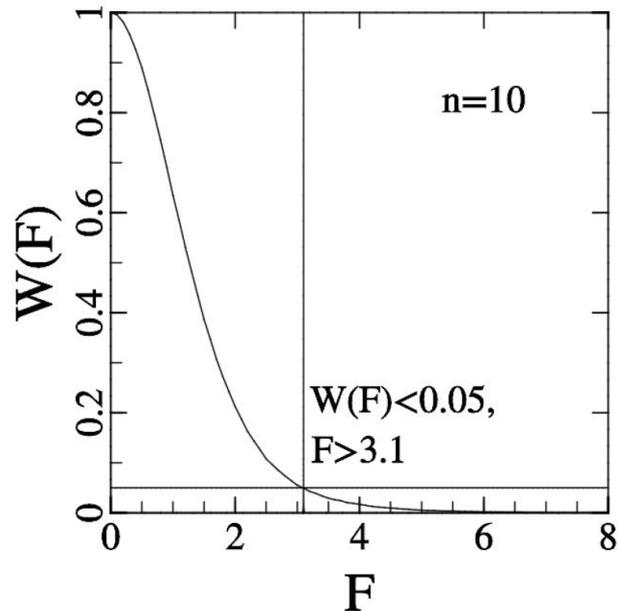
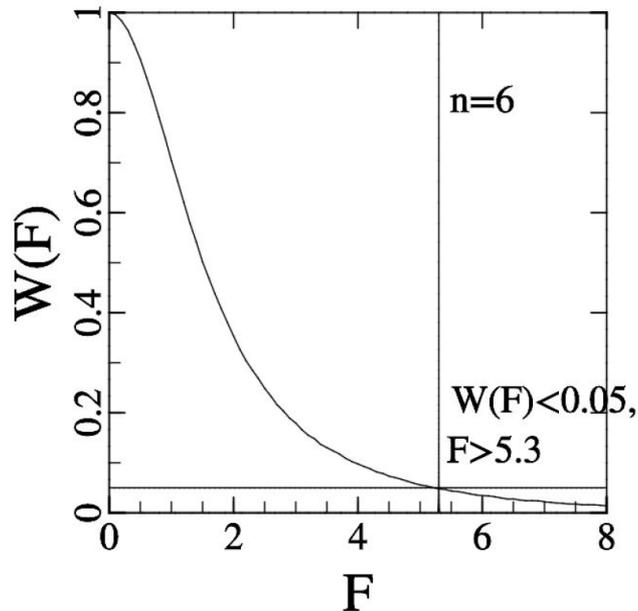


Диаграмма движения звезды J0838+4715. Компоненты собственного движения составляют -158.1 ± 2.6 mas/yr - RA, -273.1 ± 3.1 mas/yr - Decl. Mean epoch - 1994.3328. $V_{\text{mag}} = 15.9$ (PNA).

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

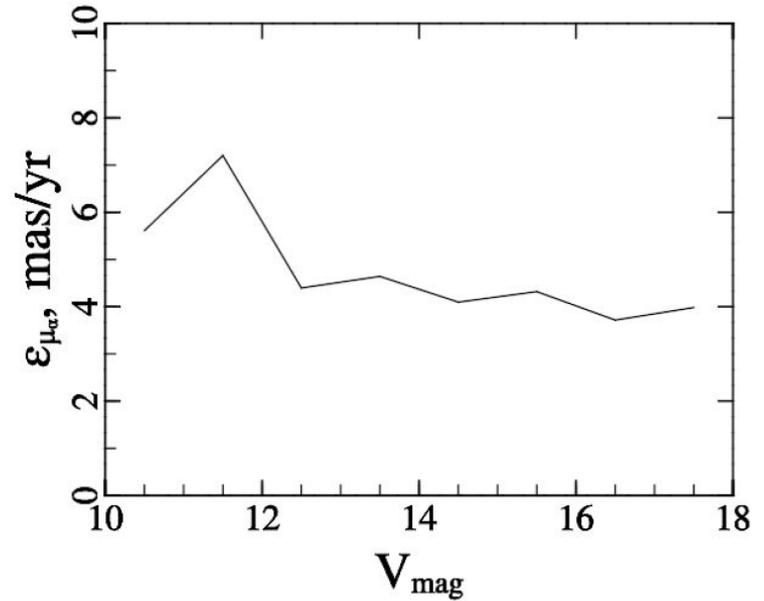
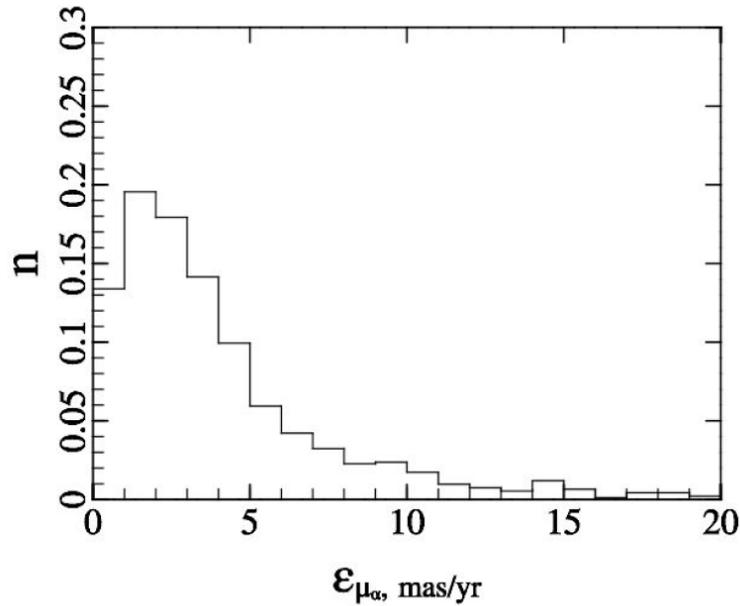
Вычисление порогового значения критерия F.



Интегральные распределения величины F для разного числа кадров, использованных для вычисления собственных движений (слева $n=6$, справа $n=10$).

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

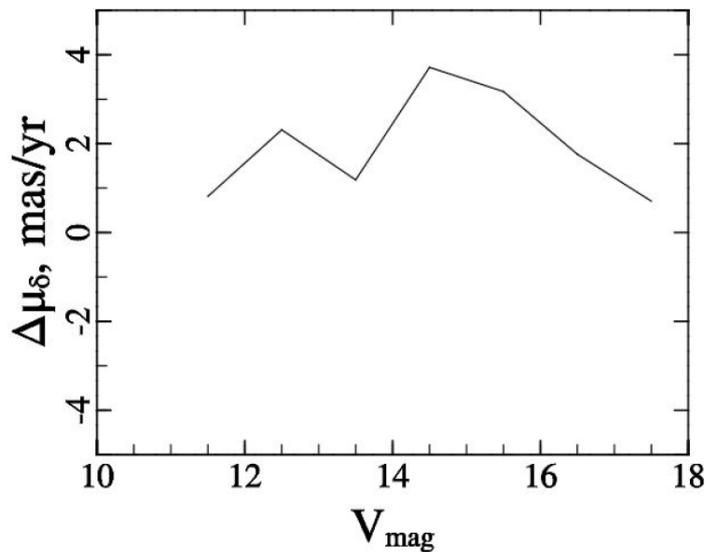
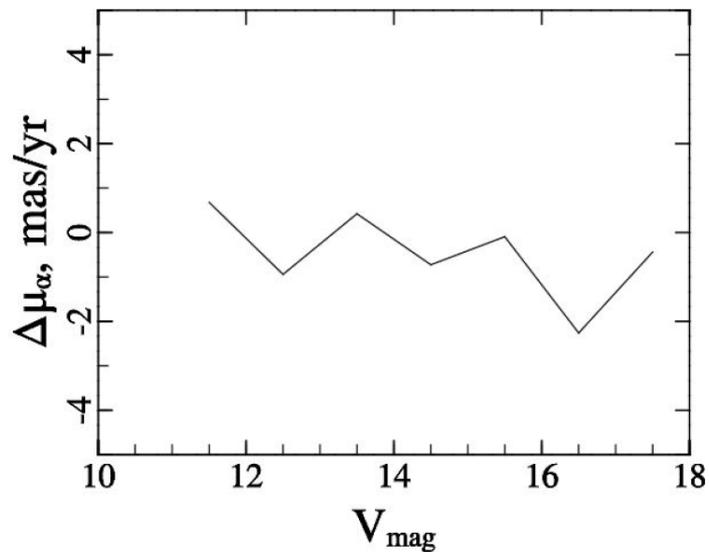
Общая характеристика полученных собственных движений.



Распределение ошибок собственных движений (слева) и их зависимость от блеска (справа).

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

Общая характеристика полученных собственных движений.



Зависимость разностей собственных движений $\mu - \mu_{\text{LSPM}}$ от звездной величины (μ - собственное движение, вычисленное по всем кадрам).

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

Верификация выявленных кандидатов в $\Delta\mu$ -двойные.

$\Delta\mu$ -двойных: 121, из них:

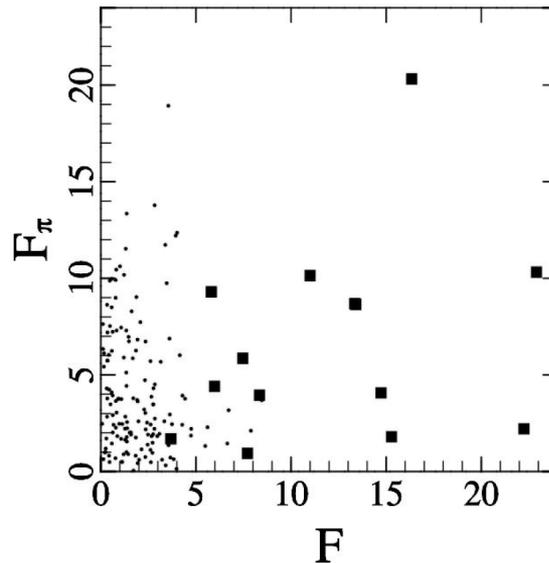
10 входят в WDS (9%);

14 вошли в параллактические программы (Yale, MEarth и Пулково), из них у 10 $F_\pi > 3$ и 3 выходят в WDS.

“Одиночных”: 944, из них:

58 входят WDS (6%);

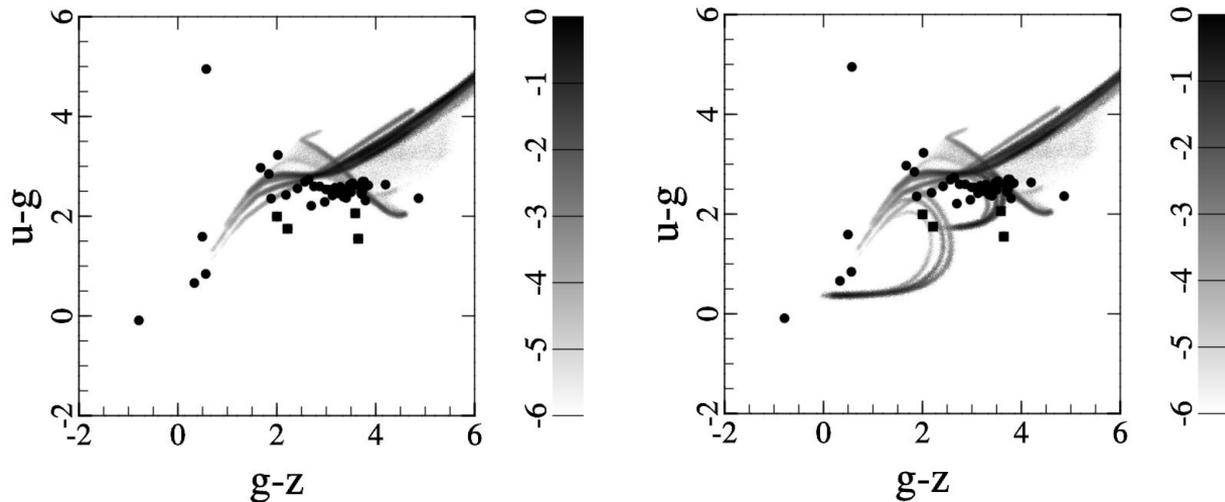
WDS (Мейсон и др., 2001) - каталог визуальных двойных звезд.



Распределение звезд на плоскости F - F_π . F - из анализа ПЗС-кадров и сканов обзоров, F_π - на основе μ из данной работы и μ из различных параллактических программ.

Выявление $\Delta\mu$ -двойных звезд.

Верификация выявленных кандидатов в $\Delta\mu$ -двойные.



Положение звезд-кандидатов в $\Delta\mu$ -двойных на двухцветной диаграмме $(g-z) - (u-g)$. Теоретические последовательности для звезд $[0.1 - 0.7]$ массы Солнца, построенные на основе падуанских изохрон и беансонской модели Галактики для одиночных звезд (слева) и при добавлении двойных систем типа М-карлик+белый карлик (справа) массами 0.3 и 0.6 массы Солнца.

Выводы.

1. Для 1428 звезд из списка 1972 объектов были проведены астрометрические наблюдения.
2. Для 1308 были загружены сканы паломарских пластинок и ПЗС-кадры обзоров 2MASS, SDSS, WISE.
3. Были получены собственные движения в системе HCRF/UCAC4, точность - 4 mas/yr.
4. 121 $\Delta\mu$ -двойная.

Спасибо за внимание!
