

Верификация детектирования двойных звезд
низкой светимости.

Численное моделирование двойных систем

Куликова А.М.

ГАО РАН
2015

Проблема изучения двойных звезд

Основное население ближайших окрестностей

Солнца:

M-карлики

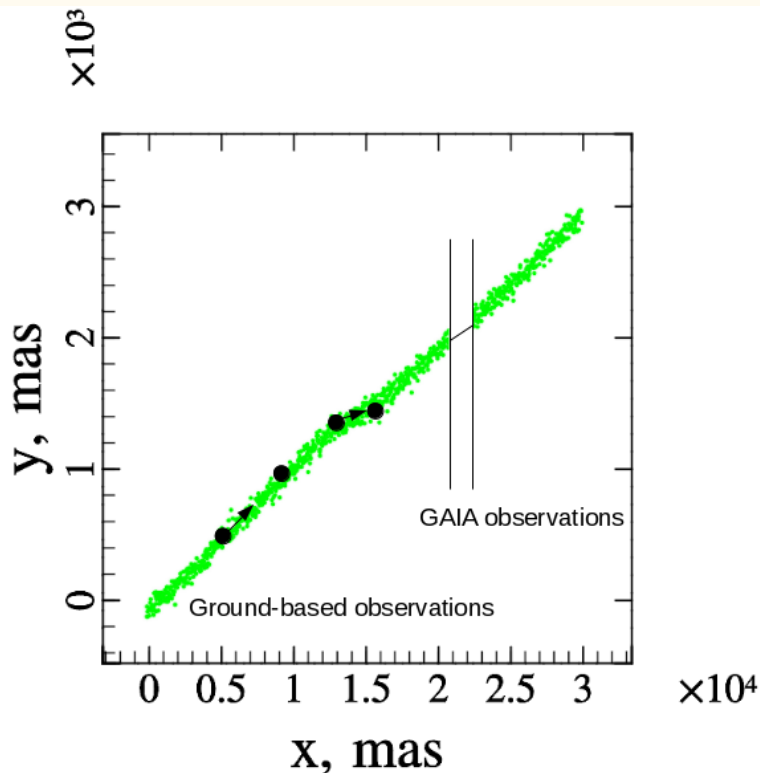
Субкарлики

Белые карлики

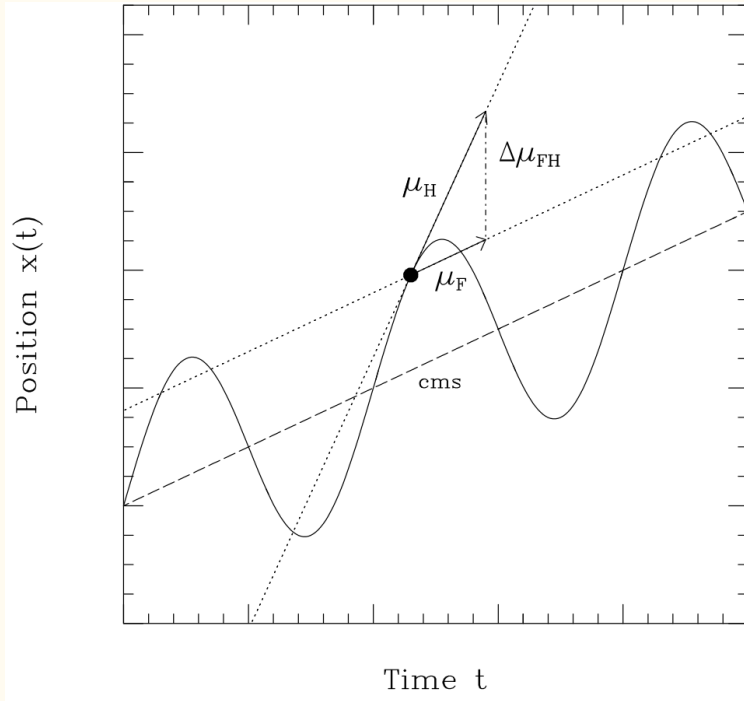
Коричневые карлики

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

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



Метод $\Delta\mu$ -двойных



FK5 и Hipparcos
Ronald Wielen, A&A 1999.

Пулковская зенитная зона
Khrutskaya E.V., Astronomy Letters, 2011.

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

Реализация метода $\Delta\mu$ -двойных

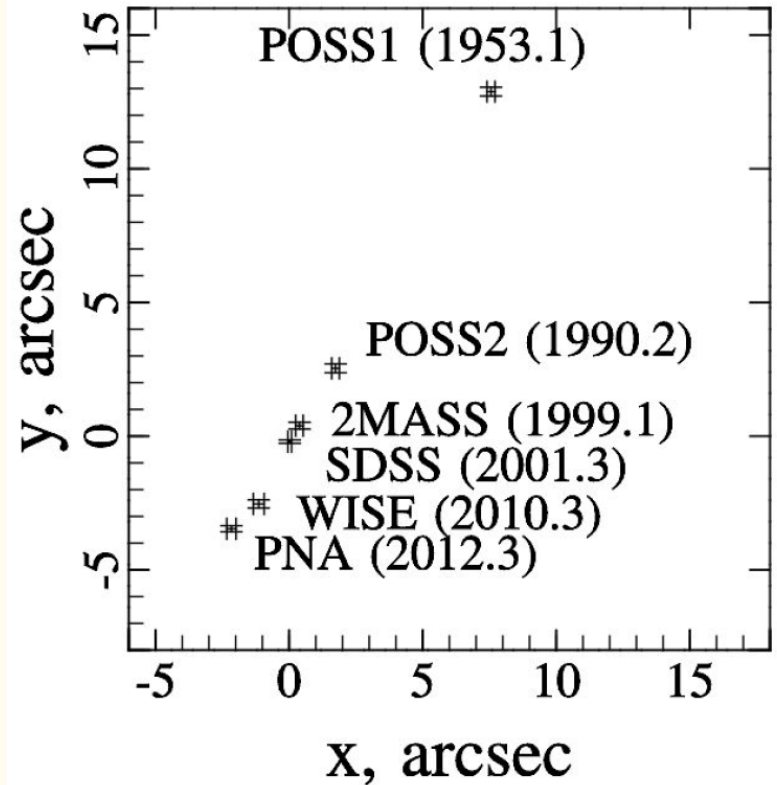
Звезды до 17^m из каталога LSPM, с $\mu > 300$ mas/yr.

Всего исследовано: 1308 звезд.

- Наблюдения на Нормальном Астрографе
- SDSS DR12
- 2MASS
- WISE
- STScI DSS

Shapelet-разложение.

Результаты: 121 звезда рассматривается как кандидат в $\Delta\mu$ -двойные.

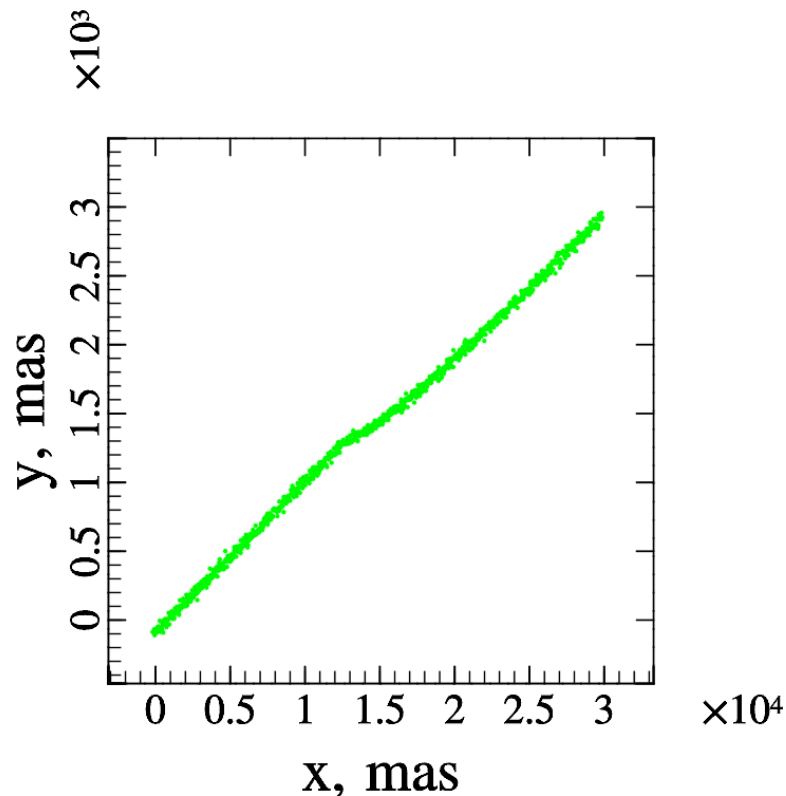


Верификация метода $\Delta\mu$ -двойных

121 звезда - кандидат в $\Delta\mu$ -двойные

Δt для $\mu_{inst} > 5$ уг

- светимости компонент
- массы компонент
- расстояние до объекта
- влияние параллакса
- элементы орбиты
- ошибки определения положения



Модель движения двойной звезды

Определение масс и светимостей

Padova isochrones, Besançon galaxy model

$t = 0.15 - 1 \text{ Gyr}$, $[\text{Fe}/\text{H}] = 0.01$

Параметры изохрон:

Возраст: 1 - 6 млрд лет, шаг: 6 млн лет.

Металличность: $Z = 0.01629$

Доля гелия: $Y = 0.27768$

Отн. металличность: $[\text{M}/\text{H}] = 0.047$

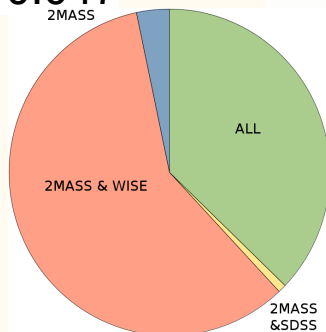
Массы: 0.14 - 0.7 солнечных

Полосы:

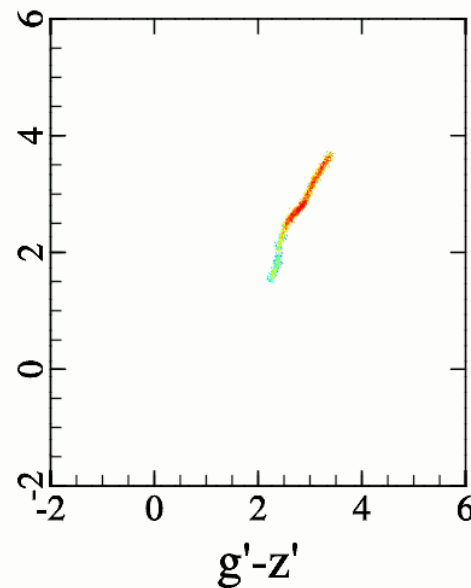
SDSS: u' , g' , r' , i' , z' ;

WISE: $w1$, $w2$, $w3$, $w4$;

2MASS: J , H , Ks .



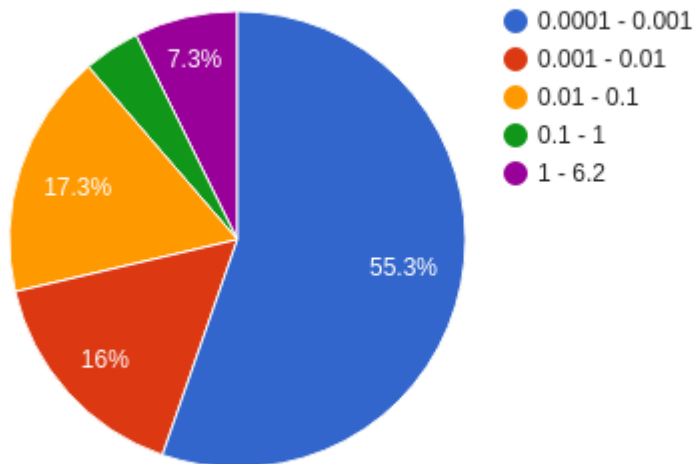
$u'-g'$



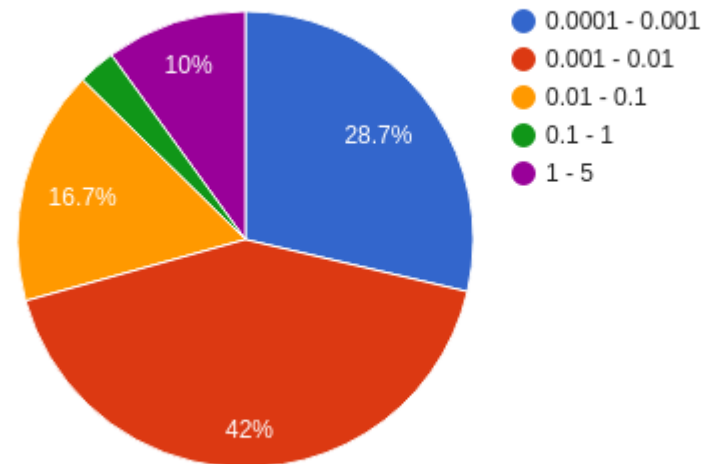
Модель движения двойной звезды

Определение масс и светимостей

Average colour difference of star pairs with WD.



Average colour difference of M-dwarf pairs.



Средние отличия цвета модельных двойных звезд от наблюдаемых величин. Слева - для моделей двойных систем с белым карликом, справа - модель из двух М-карликов.

Модель движения двойной звезды

Определение расстояний

Тригонометрические параллаксы:

- Pulkovo: 4 звезды, средняя точность - 2 mas.
- Yale: 19 звезд, средняя точность - 6 mas.

Оценка фотометрического параллакса

- Блеск в полосе V и показатель цвета V-J;
- Модель приведенного движения, с применением блеска звезды в полосе Ks.

Приведенное движение:

$$h = Ks + 5 + 5 \cdot \log_{10} \left(\sqrt{\mu_{ra}^2 + \mu_{de}^2} / 1000 \right)$$

Ks - блеск звезды в полосе Ks, μ_{ra} , μ_{de} - компоненты собственного движения звезды, [mas/yr].

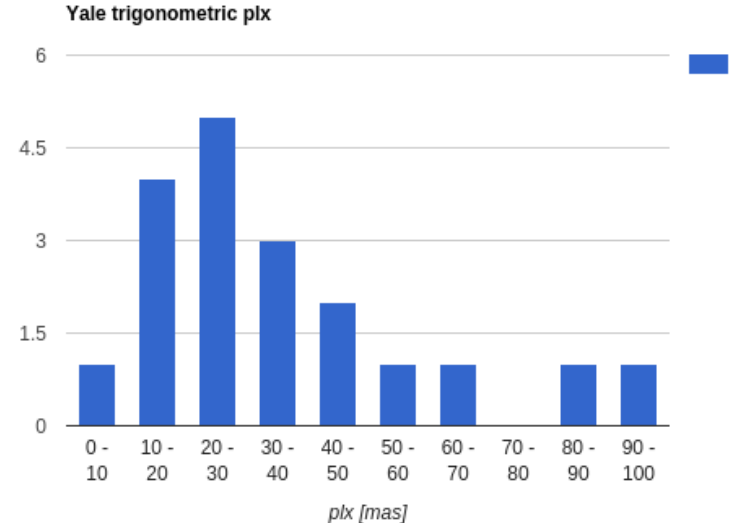
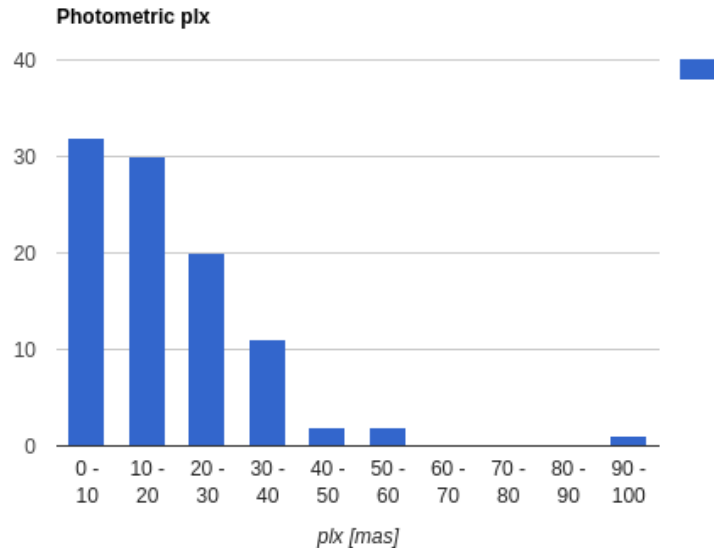
Звездная величина в полосе J: $MJ = 0.44 \cdot h - 0.33$

Параллакс:

$$\pi_{ph} = 10^{\frac{MJ - J - 5}{5}}$$

Модель движения двойной звезды

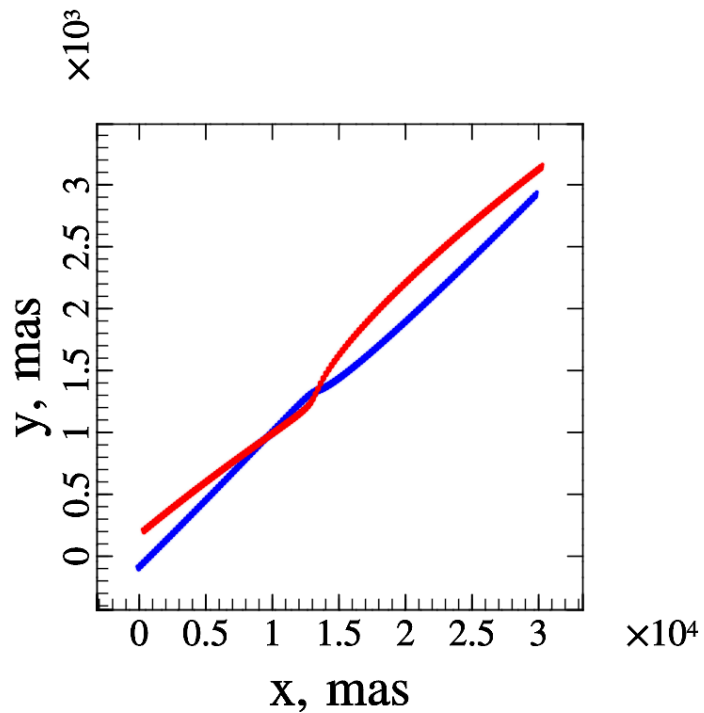
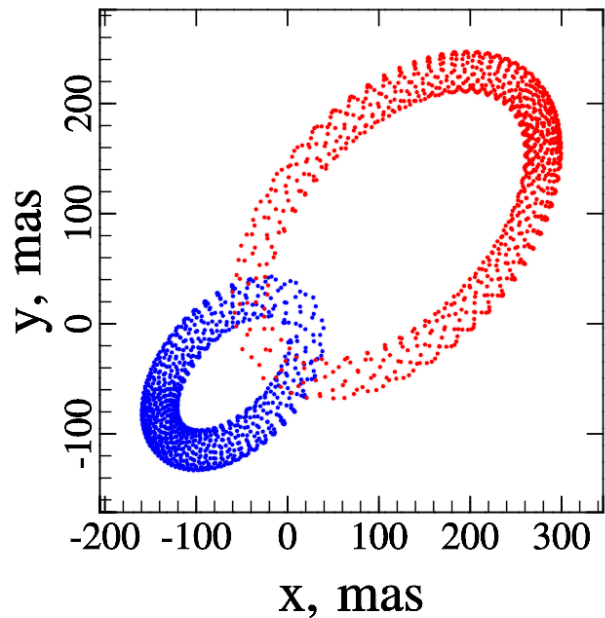
Определение расстояний



Распределение значений фотометрического параллакса (слева) и распределение значений Йельского тригонометрического параллакса (справа).

Модель движения двойной звезды

Влияние параллакса

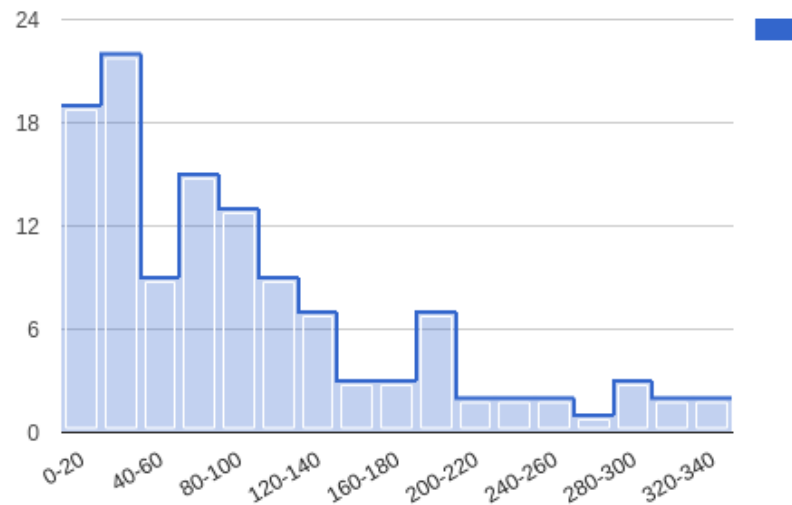
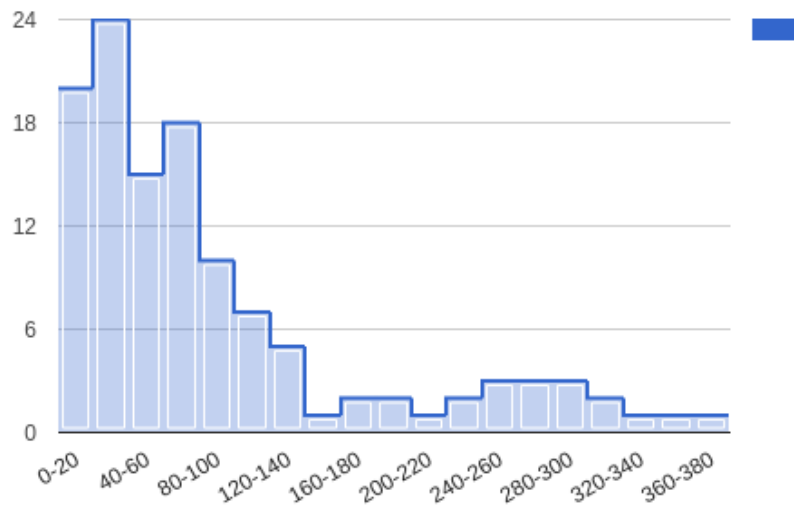


Движение модельной звезды с влиянием параллакса.

Слева - без движения барицентра, справа - с движением барицентра.

Модель движения двойной звезды

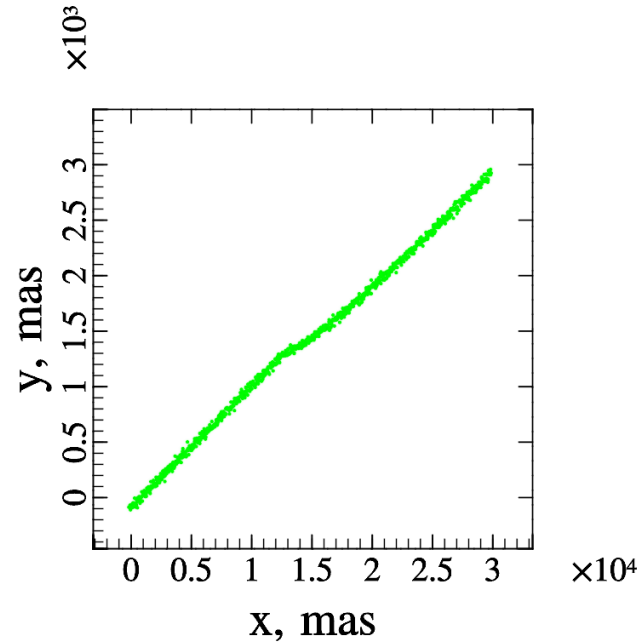
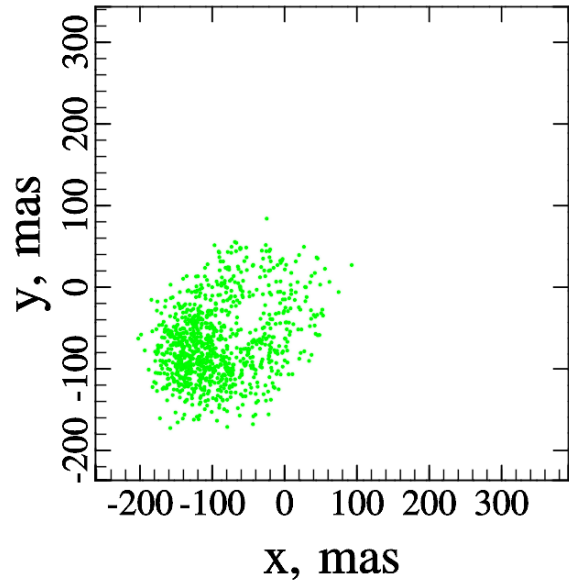
Ошибки



Распределения ошибок положений наблюдаемых звезд по прямому восхождению (слева) и склонению (справа), mas.

Модель движения двойной звезды

Ошибки



Движение фотоцентра модельной звезды с наложением ошибок. Слева - без движение барицентра, справа - с движением барицентра.

Модель движения двойной звезды

Элементы орбиты. Сетка значений

Ориентация орбиты - в картинной плоскости.

Сетка значений:

Эксцентриситеты e :

$\min=0.1$, $\max=0.5$, шаг 0.1

Большие полуоси a :

$\min=\sqrt[3]{100 \cdot (m_1 + m_2)}$, $\max=5 \cdot d$, шаг 0.5 .

Верификация метода $\Delta\mu$ -двойных

Результаты

- Исследовано 121 звезда
- Создано 150 моделей пары М-карликов и 150 моделей с белыми карликами.
- Модель с белым карликов ~70%
- Модель с М-карликами ~20%
- Влияние параллактического фактора либо эффект выявить не удалось ~30%

Спасибо за внимание!

