

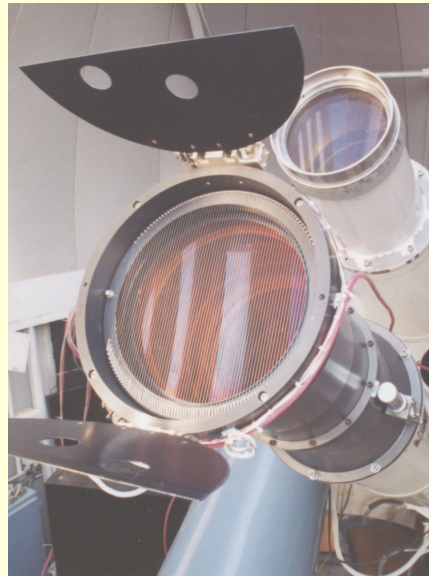
# Собственные движения слабых звезд в каталогах UCAC2, PM2000 и PuI-3SE: анализ систематических ошибок и оценки точности.

Ховричев М.Ю.

**ГАО РАН**



Нормальный астрограф  
Пулковской обсерватории.  
 $D = 330\text{мм}$ ,  $F = 3.5\text{м}$ .  
ПЗС-камера: S2C.  
Рабочее поле:  $18 \times 16 \text{ arcmin}$



Двойной астрограф USNO.  
 $D = 206\text{мм}$ ,  $F = 2.0 \text{ м}$ .  
ПЗС-камера: Kodak 4K.  
Рабочее поле:  $61 \times 61 \text{ arcmin}$

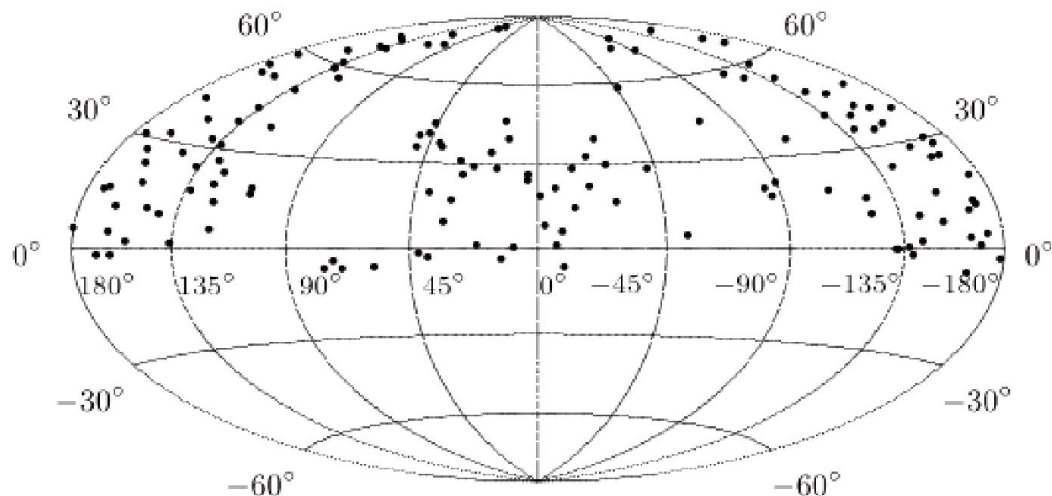


CARLSBERG MERIDIAN TELESCOPE.  
 $D = 176 \text{ мм}$ ,  $F = 2.7 \text{ м}$ .  
ПЗС-камера: 2K (drift scan mode).  
Рабочее поле:  $20\text{min} - 5 \times 24 \text{ arcmin}$

## Распространение системы ICRF/Тучо-2 на звезды слабее 12<sup>m</sup>.

Каталог	Диапазон по звездной величине	Стандартные ошибки координат/собственных движений звезд	Средняя эпоха	Число звезд	Распределение по небесной сфере
<b>Тучо-2</b>	<12.5	10 -100 mas / 1-4 mas/yr	1980 - 1990	2.5 млн.	-90<DEC<90
<b>UCAC2</b>	8 - 16	20 -70 mas / 1 - 7 mas/yr	1990 - 2000	40 млн.	-90<DEC<50
<b>CMC13</b>	9 - 17	20 – 150 mas	2000	36 млн.	-3<DEC<30
<b>M2000</b>	<16	40 – 100 mas	2000	2.3 млн.	11<DEC<18
<b>PM2000</b>	<16	40 -70 mas / 1.5 - 2 mas/yr	1970 - 1980	2.6 млн.	11<DEC<18

**Pul-3 – реализация плана Дейча по выводу собственных движений звезд в пулковских площадках с галактиками.**



<b>Pul-3 (I/290)</b>	<16.5	80 mas / 3 - 10 mas/yr	1963	60 тыс.	-5<DEC<90 (149 площадок)
<b>Pul-3SE</b> ( <a href="http://www.puldb.ru">www.puldb.ru</a> )	<16.5	40 mas / 2 - 4 mas/yr	1980 - 1990	37 тыс.	-5<DEC<30 (85 площадок)

# Собственные движения слабых звезд в каталоге UCAC2

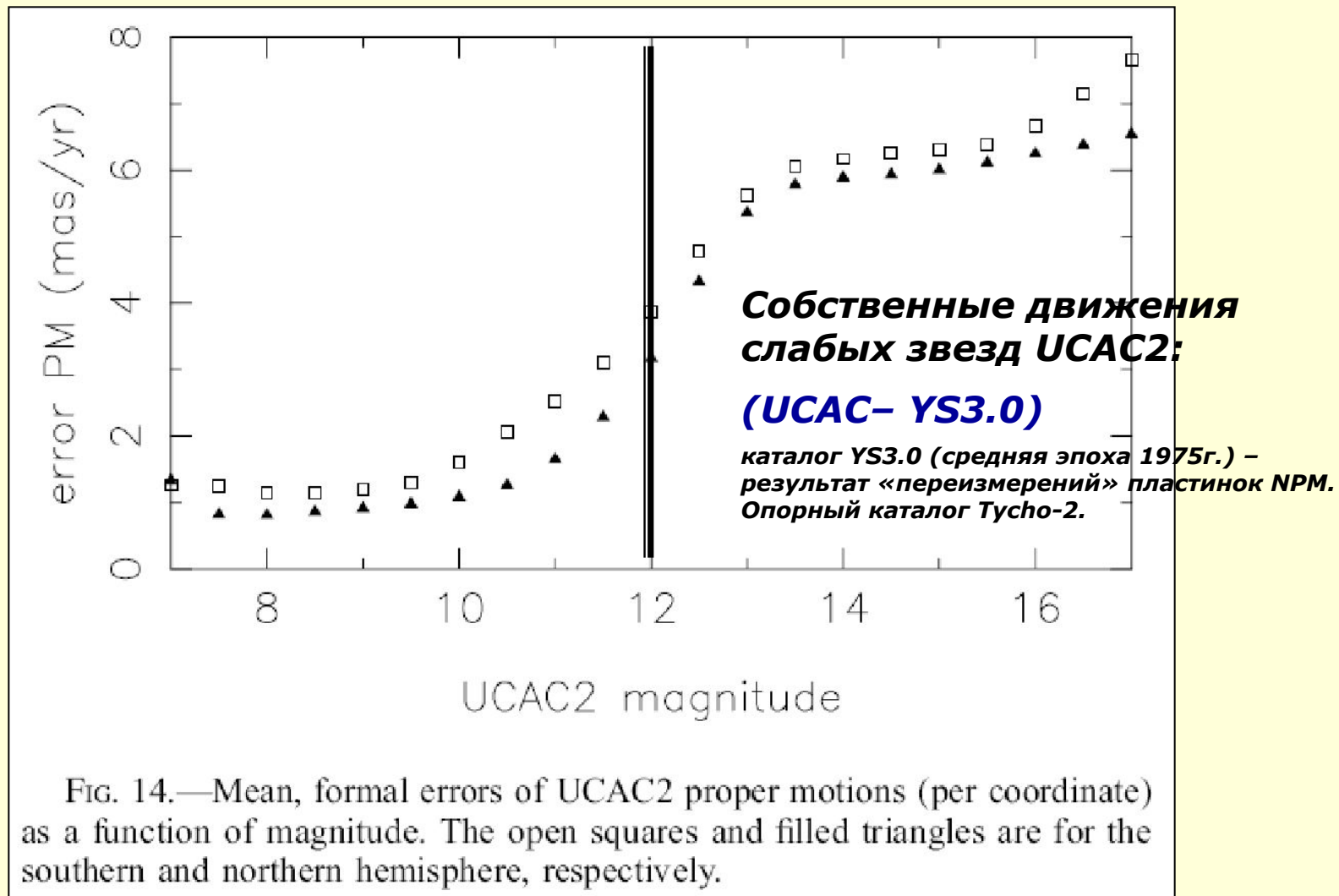


Рисунок взят из работы: Zacharias, N., Urban, S. E., Zacharias, M. I., Wycoff, G. L., Hall, D. M., Monet, D. G., and Rafferty, T. J. 2004, AJ, 127, 3043.

# Новые собственные движения звезд в пулковских площадках с галактиками (Pul-3SE).

первая эпоха  
Pul-3  
1935г. – 1960г.

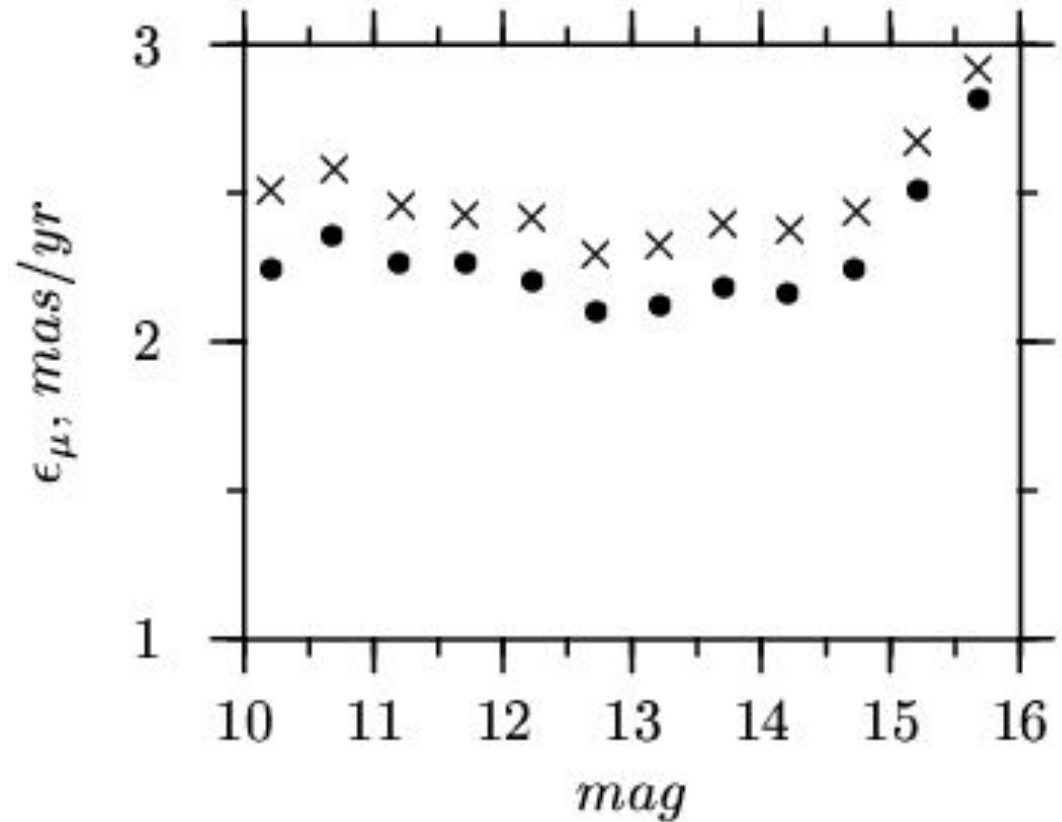
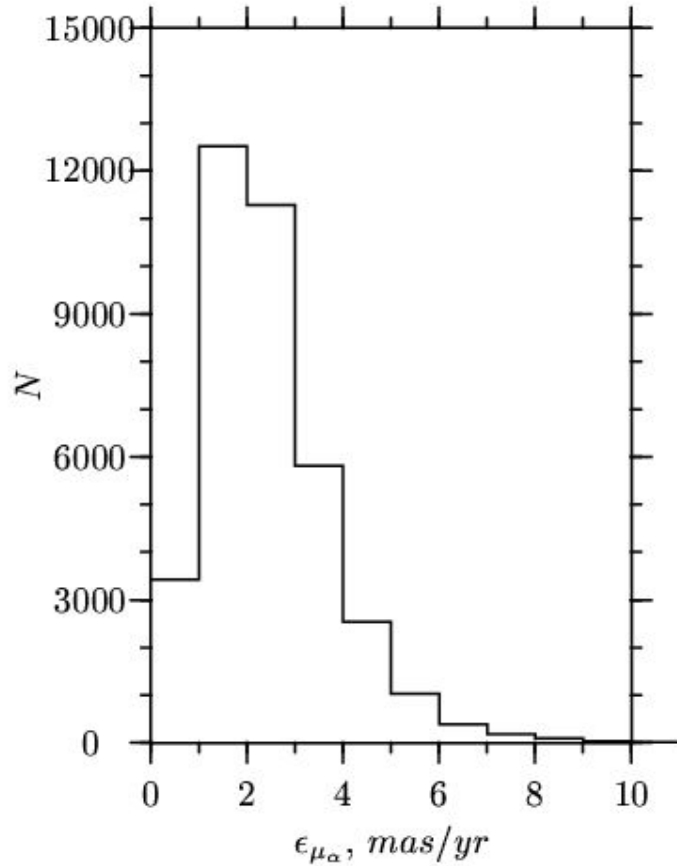
вторая эпоха  
Pul-3  
1969г. – 1986г.

UCAC2

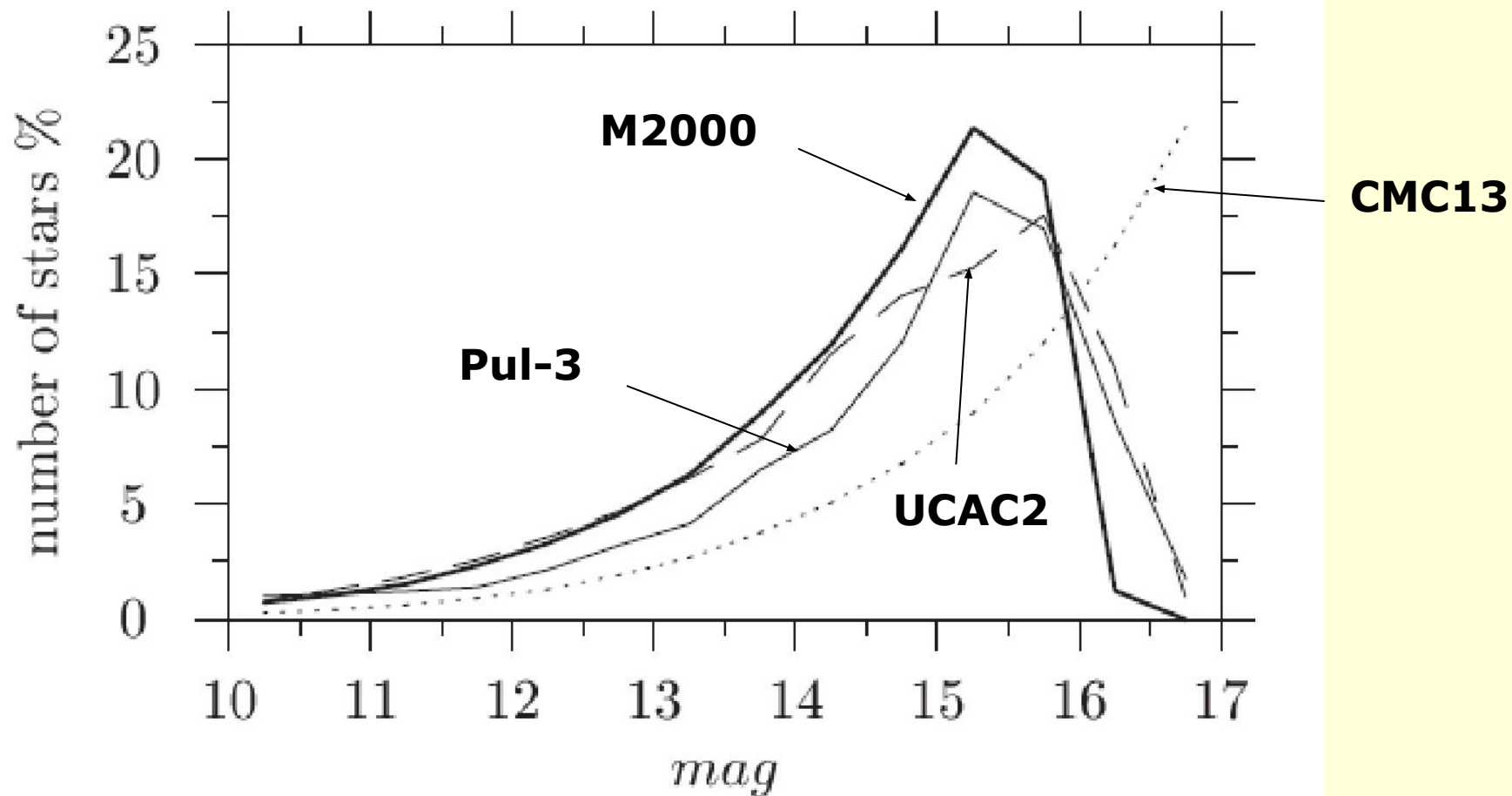
СМС13

M2000

Эпоха около 2000г



Среднеквадратические ошибки собственных движений звезд Pul-3SE (• - RA, x - DEC).



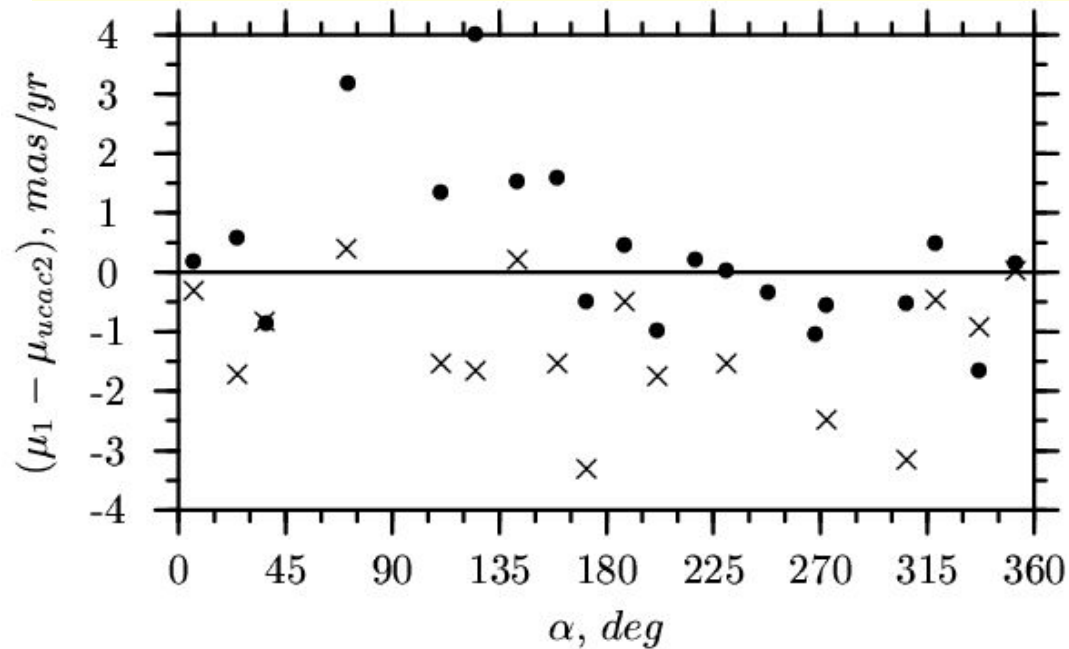
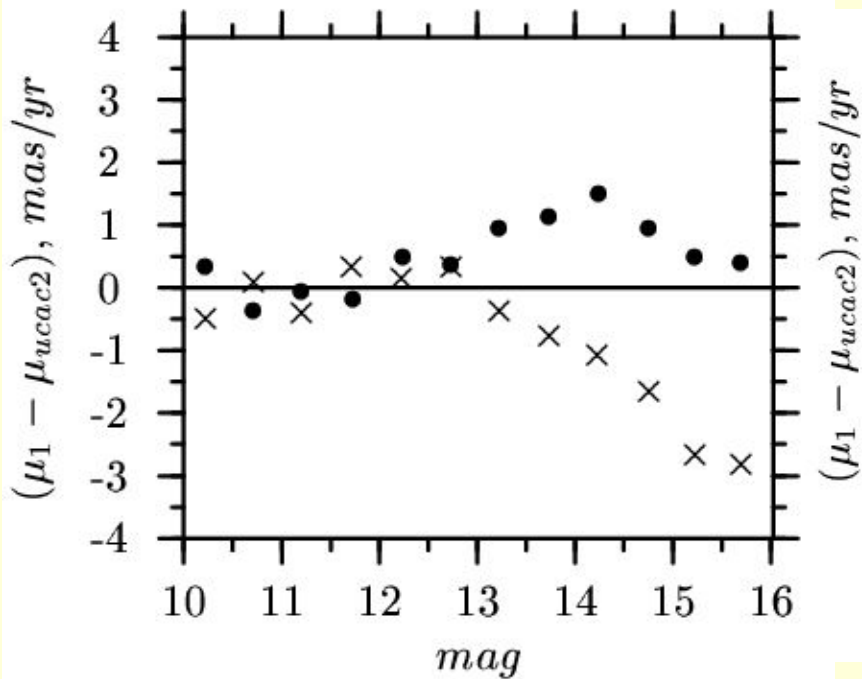
**Распределение звезд по звездной величине в каталогах UCAC2, CMC13, M2000, Pul-3 в площадках Pul-3SE.**

# Построение независимых наборов собственных движений звезд.

Pul-3,  
SMC13,M2000

$\mu_1$

Оценивание точности и изучение систематических ошибок собственных движений UCAC2 (20500 звезд)



Систематические разности  $(\mu_1 - \mu_{ucac2})$  ( $\bullet$  - RA,  $\times$  - DEC).

# Оценки точности собственных движений UCAC2 и $\mu_1$ .

mag	$\epsilon_\mu (\mu_1)$		$e_\mu$ (ucac2)		$\sigma_\mu$		$D_\mu$		N
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	
10.5	2.0	2.4	1.2	1.1	2.4	2.6	3.9	3.8	500
11.5	2.2	2.4	1.5	1.4	2.7	2.8	4.1	3.8	728
12.5	2.1	2.3	2.2	2.2	3.0	3.2	4.2	4.2	1546
13.5	2.2	2.4	3.7	3.7	4.3	4.4	5.4	5.2	2824
14.5	2.4	2.7	5.4	5.4	6.0	6.1	6.2	5.9	5147
15.4	3.0	3.3	5.8	5.8	6.5	6.7	6.3	6.0	6834

$$\sigma_\mu = \sqrt{\epsilon_\mu^2 + e_\mu^2} \quad D_\mu = \sqrt{\langle \Delta\mu_i^2 \rangle}$$

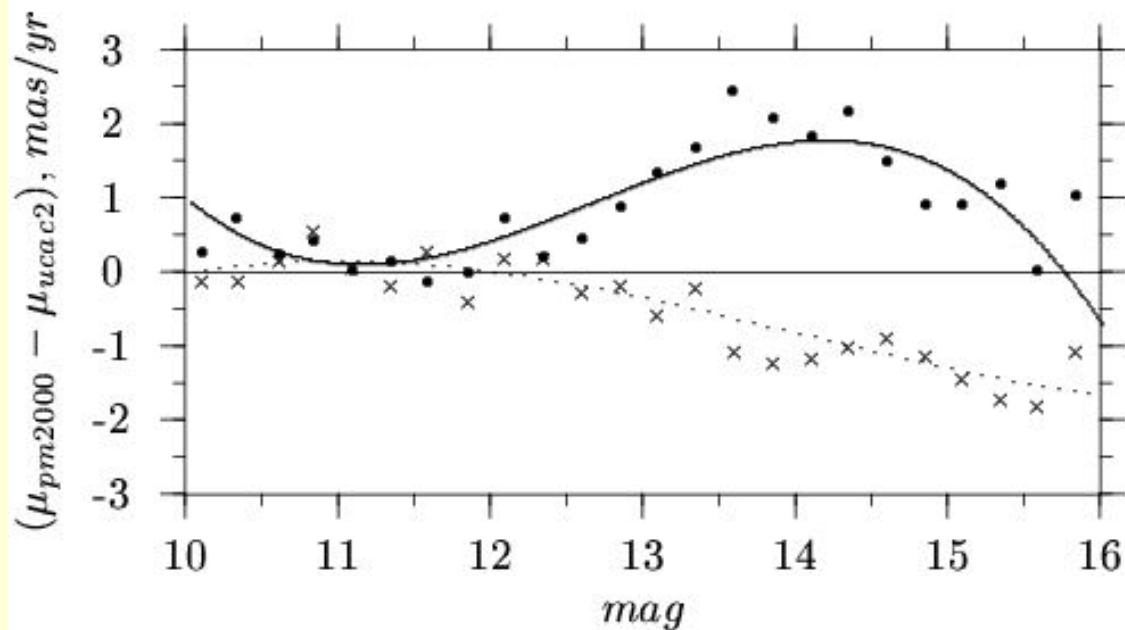
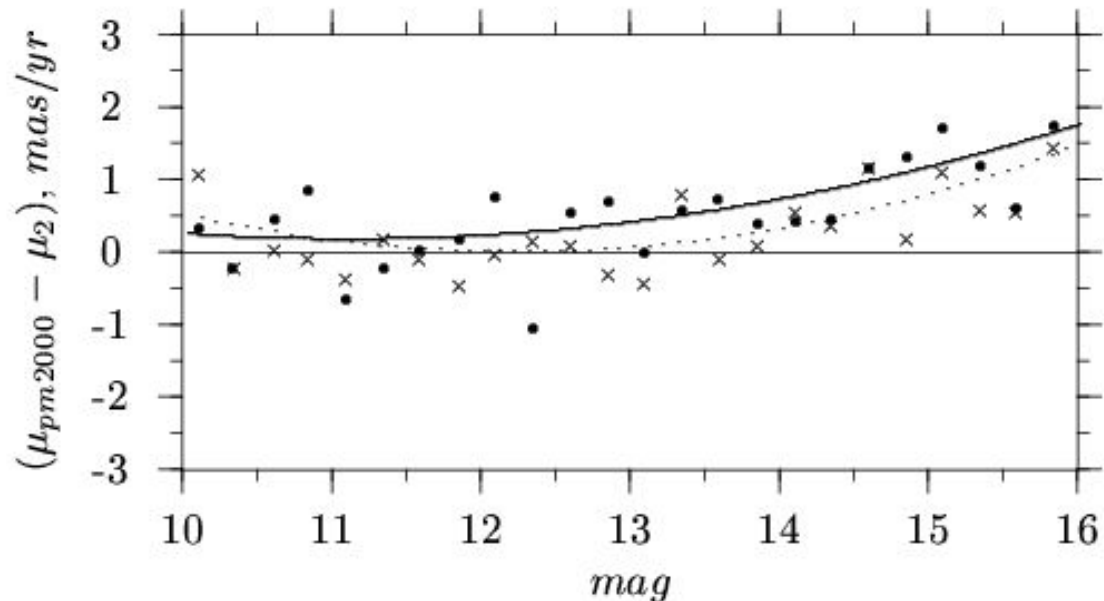
$\epsilon_\mu, e_\mu$  - среднеквадратические ошибки собственных движений звезд по внутренней сходимости.

$$\langle q_i \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i$$

Pul-3,  
CMC13

$\mu_2$

Оценивание точности  
собственных движений  
в трех независимых  
наборах:  
UCAC2, PM2000  
(CdC flag=1),  $\mu_2$

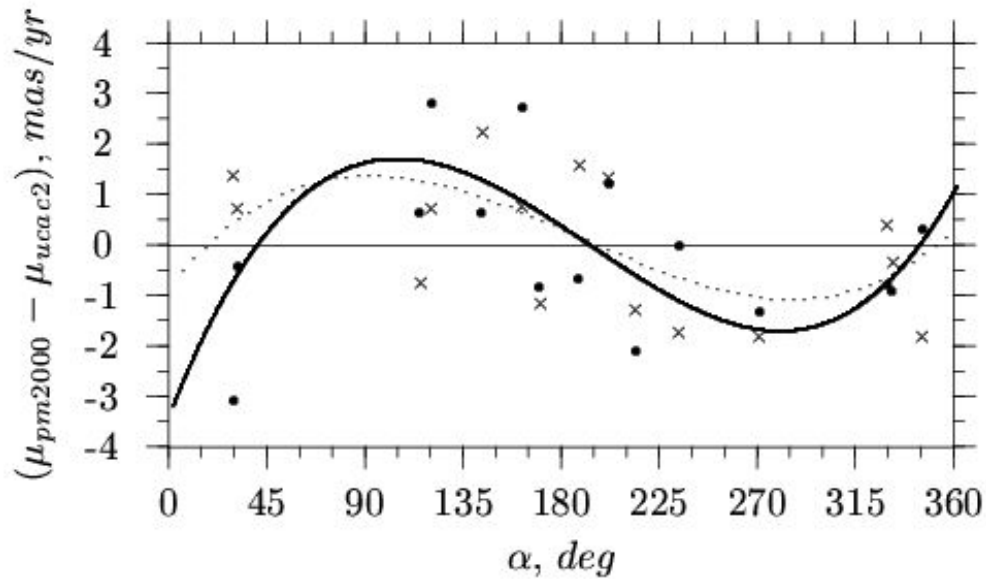
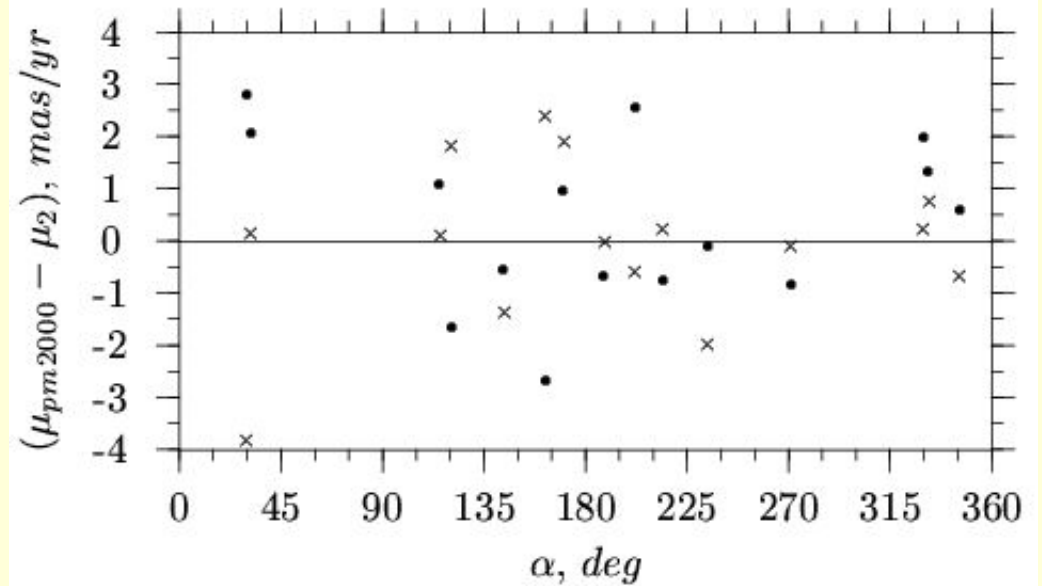




**Pul-3,  
CMC13**

**$\mu_2$**

**Оценивание точности собственных  
движений в трех независимых  
наборах:  
UCAC2, PM2000 (CdC flag=1),  $\mu_2$**



# Оценки точности собственных движений pm2000 и $\mu_2$ .

## Все звезды

mag	$\epsilon_\mu (\mu_2)$		$e_\mu$ (pm2000)		$\sigma_\mu$		$D_\mu$		N
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	
10.5	2.0	2.3	1.8	1.8	2.7	2.9	3.3	3.3	117
11.5	2.4	2.4	1.4	1.4	2.7	2.8	3.5	3.4	171
12.5	2.0	2.2	1.4	1.4	2.5	2.7	3.8	4.0	370
13.5	2.2	2.4	1.9	1.9	2.9	3.0	4.2	4.5	587
14.5	2.5	2.7	3.0	3.0	3.9	4.0	4.7	5.4	1121
15.5	2.9	3.2	3.8	3.8	4.8	5.0	5.8	6.1	1115

## Звезды, для которых CdC flag = 1

mag	$\epsilon_\mu (\mu_2)$		$e_\mu$ (pm2000)		$\sigma_\mu$		$D_\mu$		N
	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	
10.5	2.3	2.4	0.8	0.7	2.4	2.5	3.7	3.2	29
11.5	2.4	2.2	0.7	0.7	2.5	2.3	3.3	2.9	80
12.5	2.0	2.2	0.7	0.6	2.1	2.3	3.6	3.3	172
13.5	2.3	2.4	0.7	0.6	2.4	2.5	4.0	3.9	291
14.5	2.7	2.8	0.8	0.7	2.8	2.9	3.4	4.0	286
15.5	2.7	3.0	0.9	0.8	2.9	3.1	5.3	4.5	44

## Оценка точности собственных движений по трем независимым наборам данных $\mu_1, \mu_2, \mu_3$ .<sup>1</sup>

$$D_{12}^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 = \langle \Delta\mu_{12}^2 \rangle$$

$$D_{13}^2 = \varepsilon_1^2 + \varepsilon_3^2 = \langle \Delta\mu_{13}^2 \rangle$$

$$D_{23}^2 = \varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 = \langle \Delta\mu_{23}^2 \rangle$$

$$\varepsilon_1^2 = 0.5(D_{12}^2 + D_{13}^2 - D_{23}^2)$$

$$\varepsilon_2^2 = 0.5(D_{12}^2 + D_{23}^2 - D_{13}^2)$$

$$\varepsilon_3^2 = 0.5(D_{13}^2 + D_{23}^2 - D_{12}^2)$$

<i>mag</i>	$\varepsilon_{\mu_2}$	$\varepsilon_{\mu_2}$	$\varepsilon_{\mu_{ucac2}}$	$\varepsilon_{\mu_{ucac2}}$	$\varepsilon_{\mu_{pm2000}}$	$\varepsilon_{\mu_{pm2000}}$	<i>N</i>
10.7	3.1	3.0	1.3	1.6	1.9	1.1	29
11.5	3.0	2.7	1.7	1.2	1.5	1.1	80
12.5	3.4	3.0	3.2	2.4	1.3	1.4	174
13.5	3.6	3.5	5.3	4.5	1.9	2.1	303
14.4	3.0	3.6	6.3	4.6	1.6	2.0	301
15.2	4.2	4.0	6.3	5.1	3.3	1.9	46

<sup>1</sup>R. Wielen. A method for determining the individual accuracy of astrometric catalogues. *Astronomy and Astrophysics*, 302, 613-622 (1995).

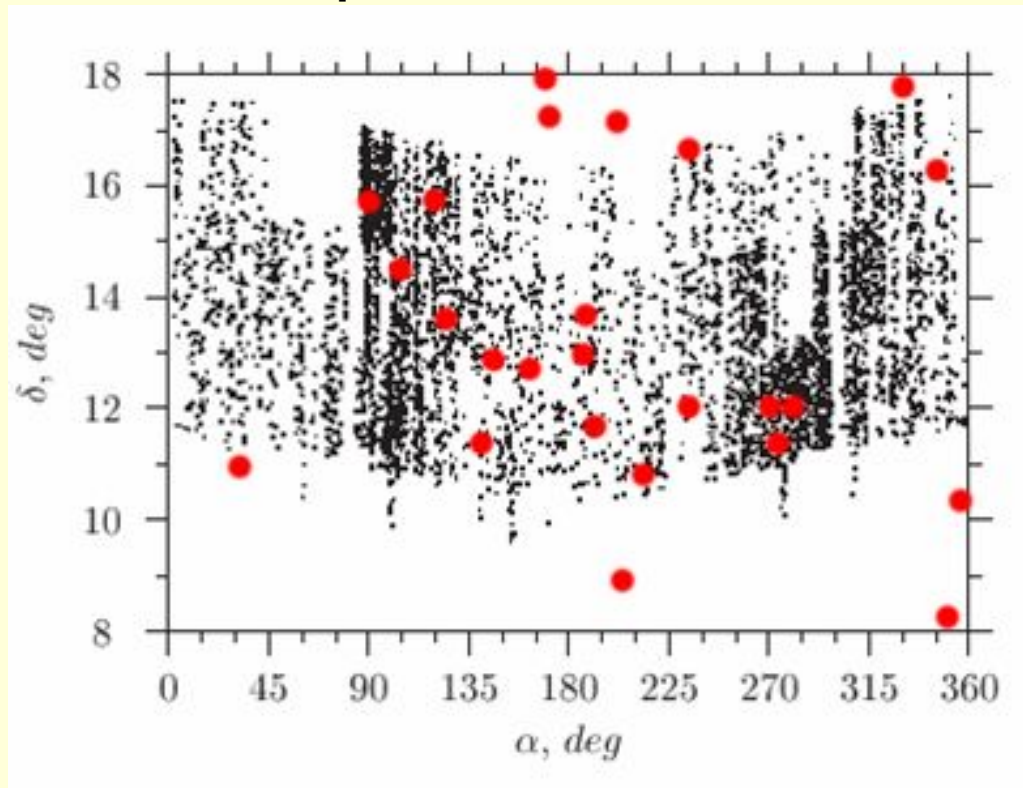
## Каталог CdC2000 ( $\sim 350$ тысяч звезд).

Переизмерение пластинок Carte du Ciel в зоне 11 – 18 deg по склонению (Bordeaux *Carte du Ciel* zone).

Опорный каталог: Tycho-2.

Средняя эпоха: 1910 – 1920.

Стандартные ошибки координат звезд: 50 – 100 mas.



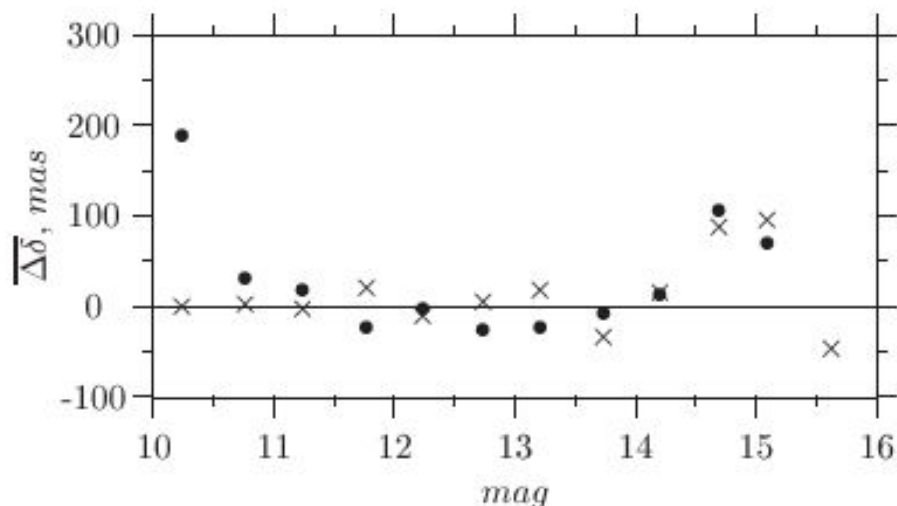
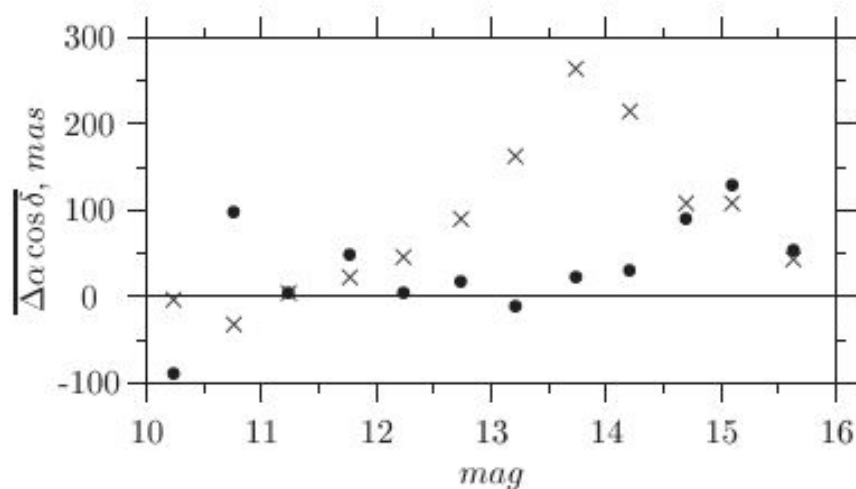
Распределение площадок CdC2000 и PuI-3.

# Сравнение координат звезд в каталогах PuI-3SE и UCAC2 с данными каталога CDC2000 (эпоха 1917г.)

<i>mag</i>	$D_{\mu_{1\alpha}}$	$D_{\mu_{1\delta}}$	$D_{ucac2\alpha}$ <i>mas</i>	$D_{ucac2\delta}$	$e_{CdC_{pos}}$	$err_{\mu_{1\alpha}}$	$err_{\mu_{1\delta}}$	$err_{ucac2\alpha}$	$err_{ucac2\delta}$	<i>N</i>
10.7	273	300	140	95	53	3.5	3.8	1.6	1.0	31
11.5	260	260	143	119	70	3.1	3.1	1.5	1.2	81
12.5	290	300	265	190	85	3.5	3.6	3.0	2.1	172
13.5	305	315	382	346	95	3.7	3.8	4.5	4.0	279
14.4	290	340	425	360	97	3.5	4.1	5.0	4.2	283
15.2	425	315	560	395	107	5.5	4.0	6.9	4.8	43

$$D_x = \sqrt{\langle \Delta x_i^2 \rangle}$$

$$\tilde{D}_x^2 = err_x(t_0)^2 + err_\mu^2(t - t_0)$$



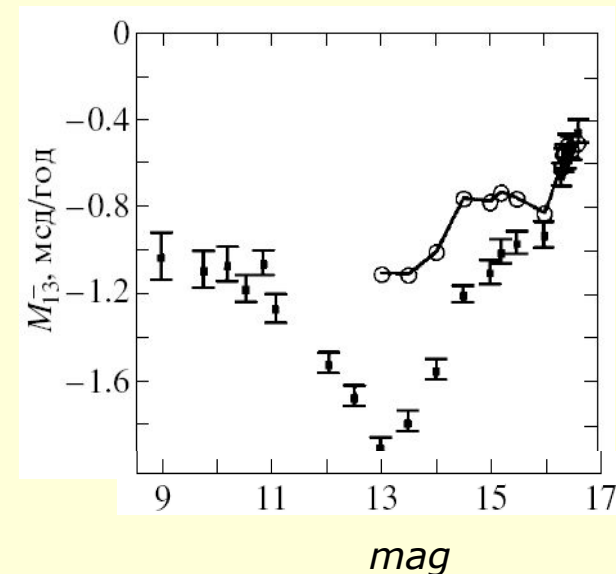
## Выводы.

Точность собственных движений звезд в каталоге ПуI-3SE составляет 2-4 mas/yr.

Оценки точности собственных движений UCAC2 и PM2000, полученные авторами каталогов соответствуют реальности.

Собственные движения слабых звезд каталога UCAC2 содержат систематические ошибки зависящие от звездной величины и координат звезд. Значения этих ошибок лежат в пределах  $\pm 2-3$  mas/yr

Необходимо обратить внимание на систематические ошибки собственных движений слабых звезд каталога UCAC2 при исследованиях по звездной кинематике на основе данных этого каталога.



Зависимость компоненты вектора локального вращения относительно оси Y в галактической системе координат от звездной величины. Сплошная линия показывает ход зависимости после снятия уравнения блеска в собственных движениях звезд каталога UCAC2.