Моделирование групповой шкалы времени по ансамблю реперных пульсаров

Короткова[1] Н. Ю., Илясов[2] Ю. П., Пширков[2] М. С.

[1]Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ

[2]Пущинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

Сагитовские чтения. ГАИШ МГУ, 2 февраля 2009 года

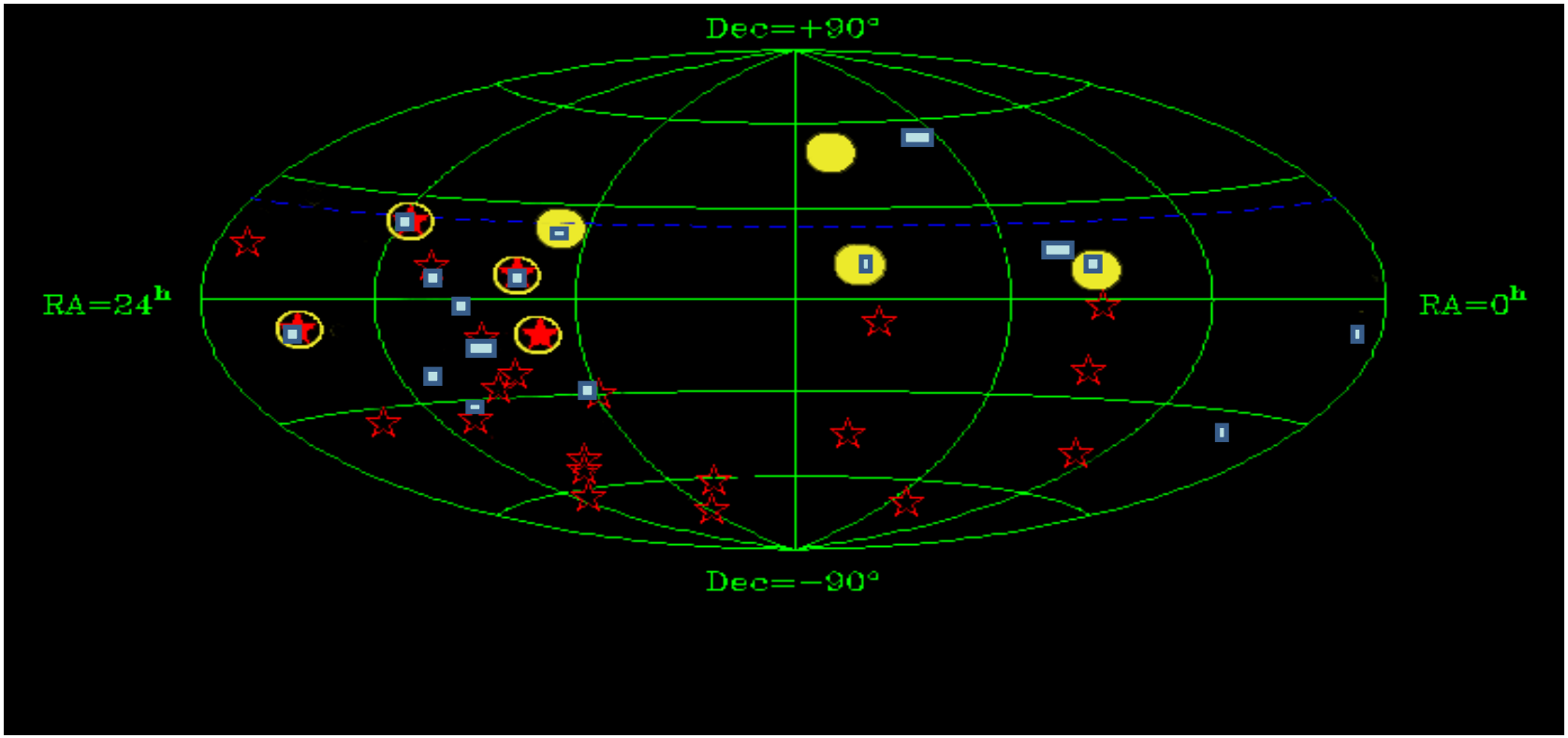
Пульсарная шкала времени

- Высокая стабильность периода вращения миллисекундных пульсаров позволяет с высокой точностью предсказывать их моменты прихода импульсов.
- Последовательность предвычисленных моментов прихода импульсов пульсара реализует шкалу пульсарного времени:

$$N(t) = \nu_0 (t - t_0) + \frac{1}{2}\dot{\nu}(t - t_0)^2 + \frac{1}{6}\ddot{\nu}(t - t_0)^3 + \ldots$$

- В остаточных уклонениях моментов прихода импульсов (ОУ МПИ) пульсаров содержится информация, не учтенная в модели хронометрирования (шумы хронометрирования).
- Построение групповой шкалы пульсарного времени может улучшить долговременную стабильность атомной шкалы времени.

АНСАМБЛИ РЕПЕРНЫХ ПУЛЬСАРОВ

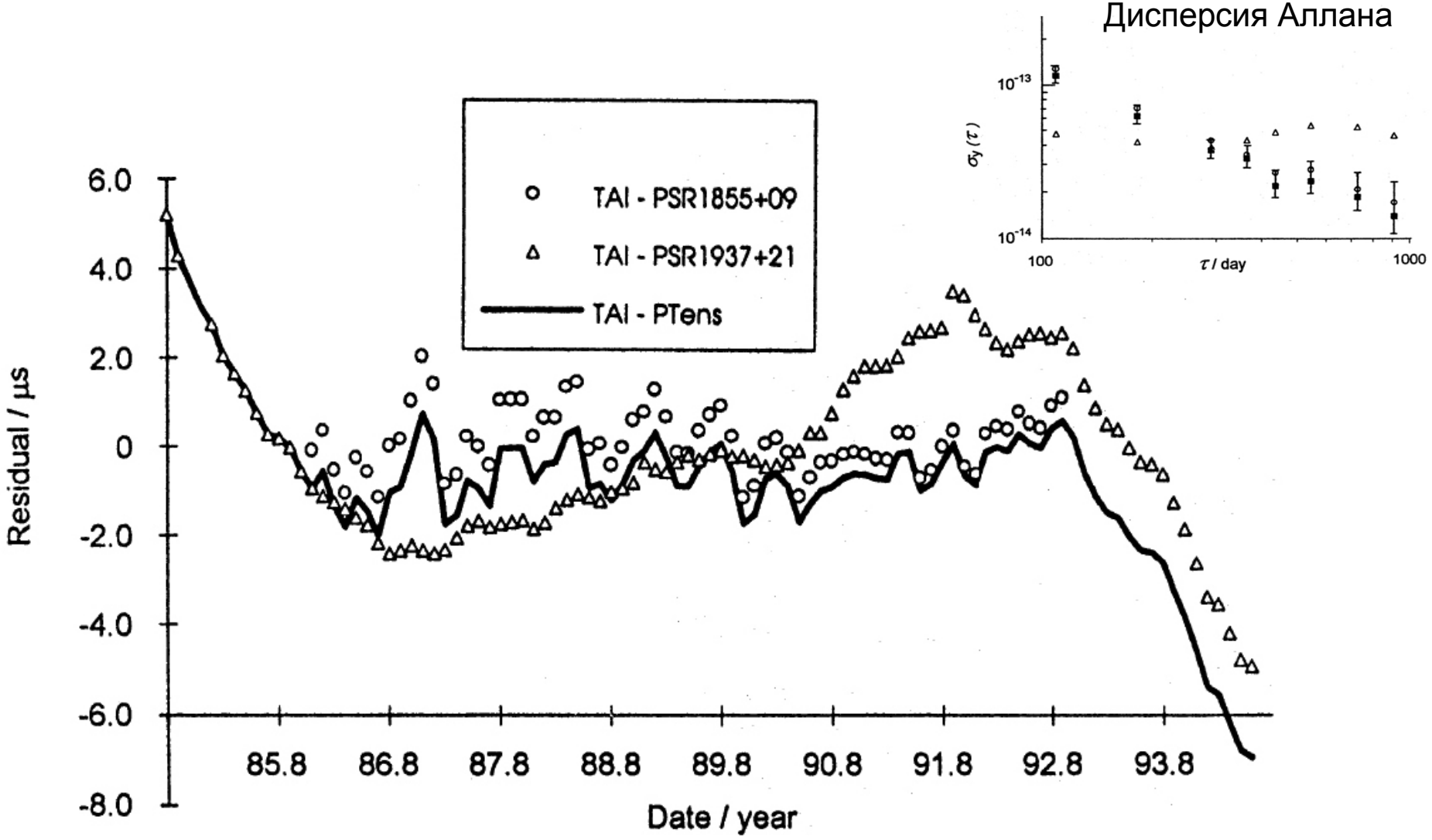


EPTA – Европейская сеть (Бонн, Дж.Бэнк, Вестерборк, Нансэ, Сардиния)

PPTA – Австралийская сеть (Паркс)

KPTA – Российская сеть (Калязин)

Остаточные уклонения пульсаров и среднее пульсарное время (Petit, Tavella, 1996)



Моделирование рядов остаточных уклонений

1) Собственные шумы хронометрирования:

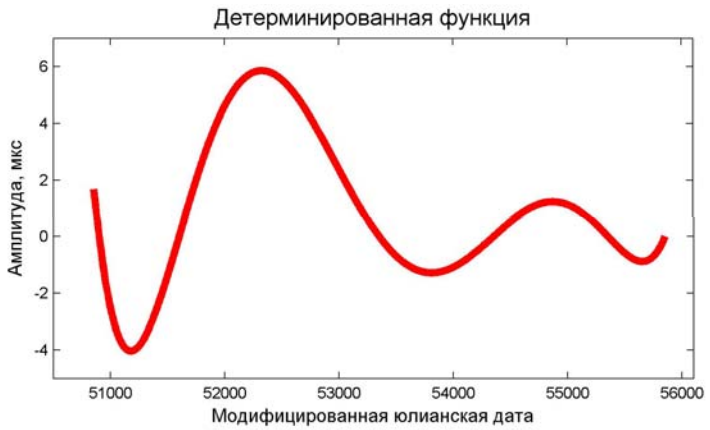
- Некоррелированные для различных пульсаров.
- Смесь степенных шумов.

$$S_x(f) \sim \frac{1}{(2\pi)^2} \sum_{\alpha=-4}^{0} f^{\alpha}$$

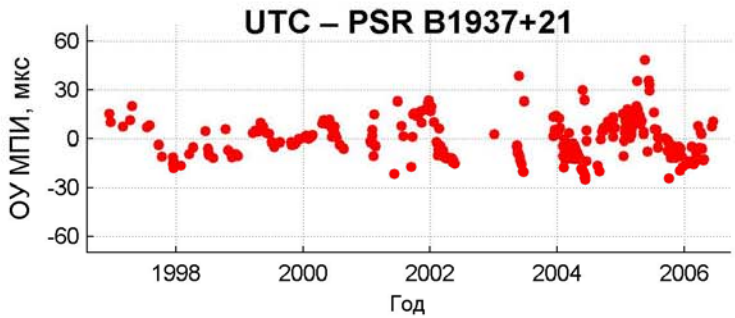
$\alpha = 0$	Белый фазовый шум
$\alpha = -1$	Фликкерный фазовый шум
$\alpha = -2$	Белый частотный шум
$\alpha = -3$	Фликкерный частотный шум
$\alpha = -4$	Шум случайных блужданий частоты

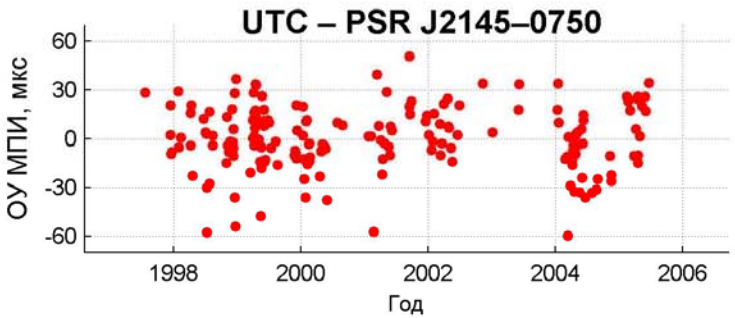
2) Вариации атомной шкалы:

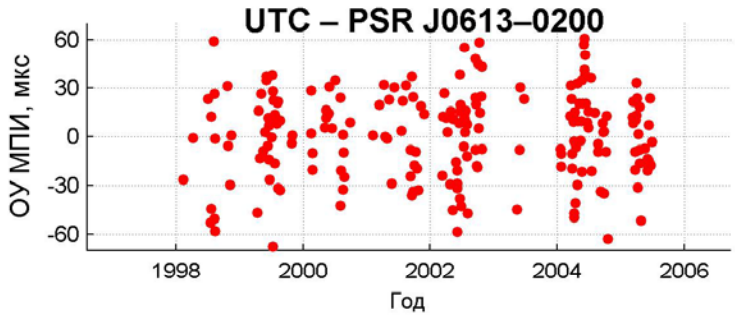
- Коррелированные для различных пульсаров.
- Детерминированная функция — полином шестой степени.

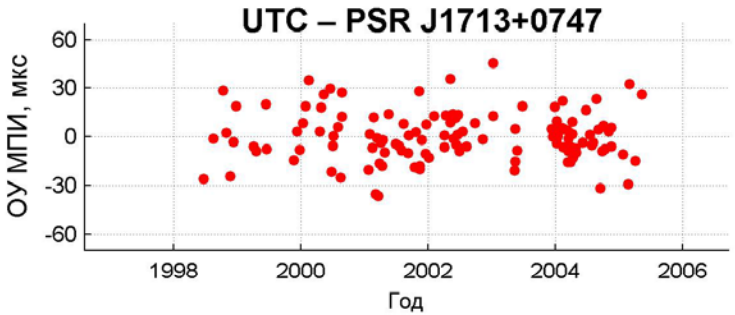


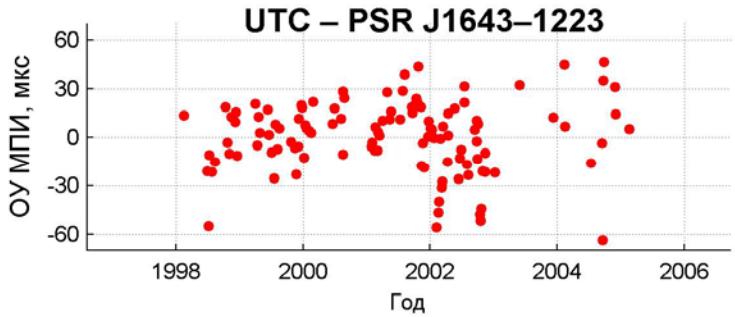
Остаточные уклонения пульсаров, наблюдавшихся в КРАО АКЦ ФИАН, 1996–2006

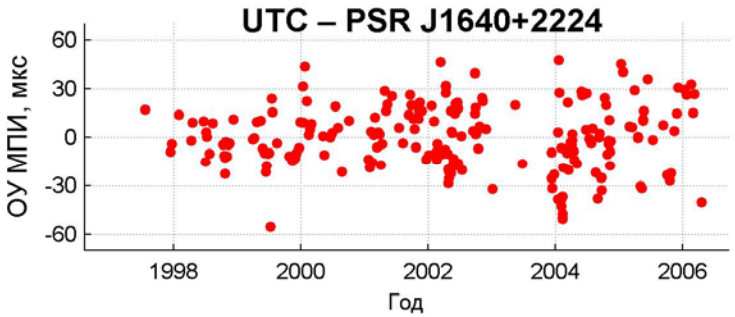




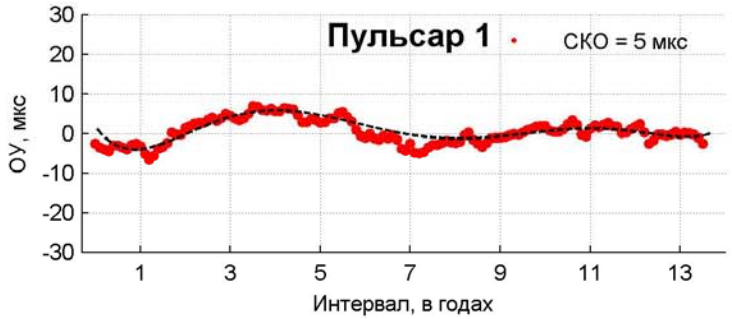


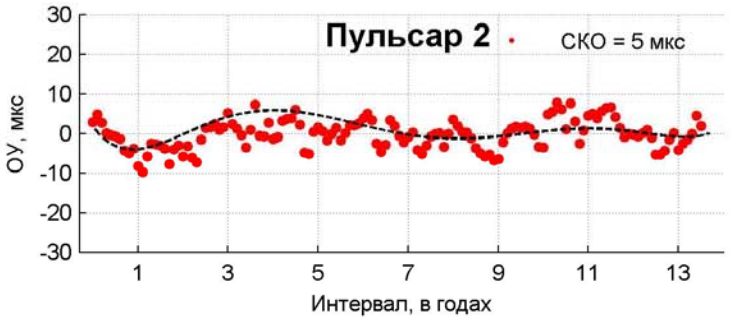


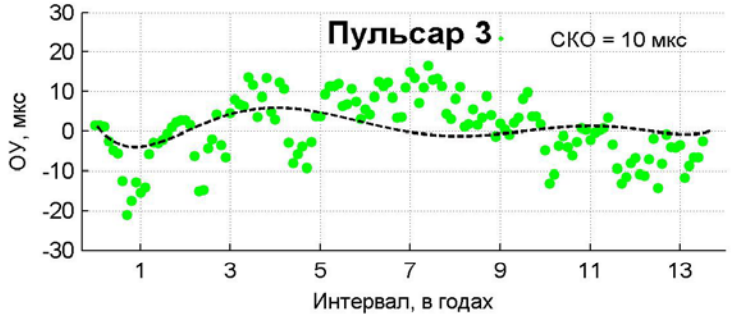


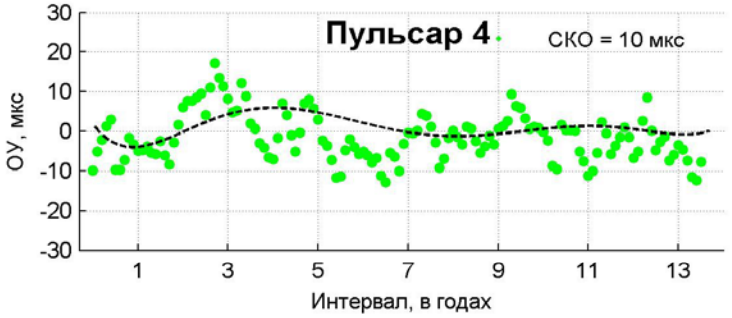


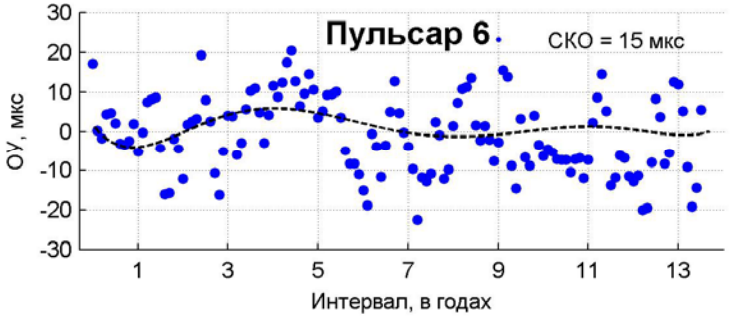
Остаточные уклонения пульсаров модельного ансамбля











Суммирование остаточных уклонений с весовыми коэффициентами

$$\left(UTC - PT\right) = \sum_{i=1}^{N} w_i \left(UTC - PT_i\right), \quad \sum_{i=1}^{N} w_i = 1$$

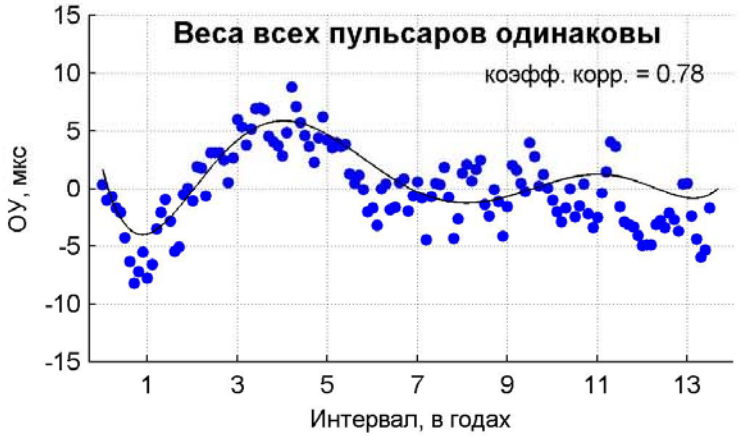
$w_i \sim 1$ — веса всех пульсаров равны;

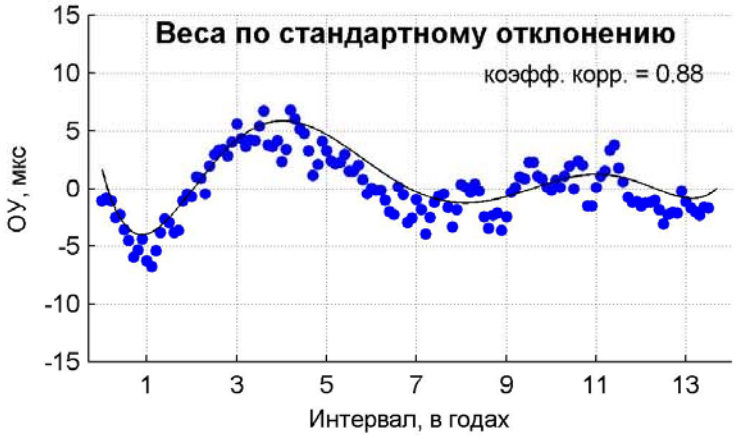
$w_i \sim 1/\sigma^2$ — веса обратно пропорциональны квадрату стандартного отклонения;

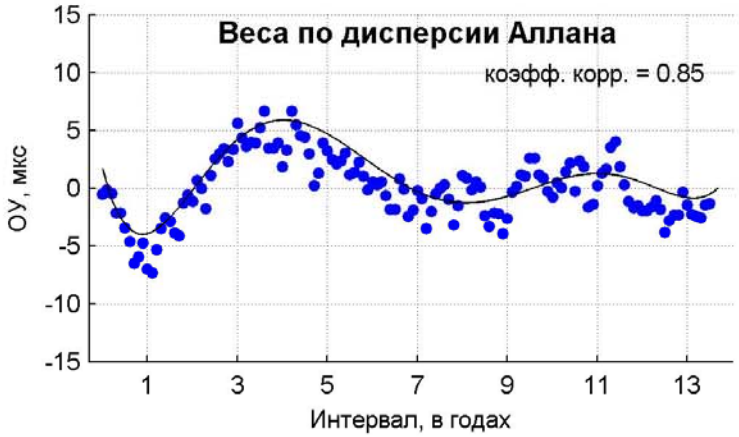
$w_i \sim 1/\sigma_y^2$ — веса обратно пропорциональны дисперсии Аллана;

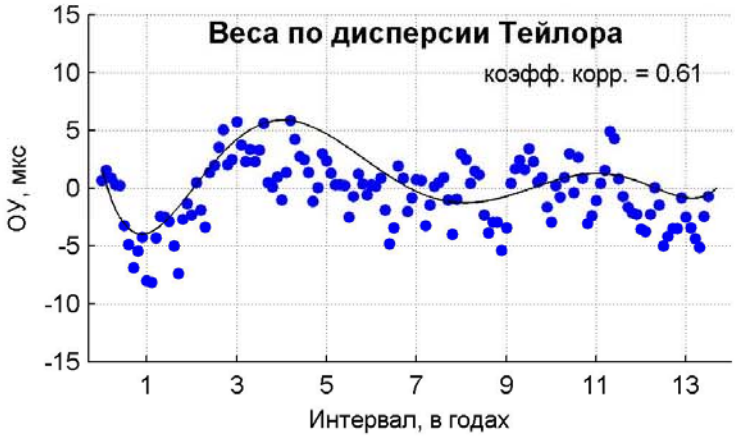
$w_i \sim 1/\sigma_z^2$ — веса обратно пропорциональны z-статистике.

Остаточные уклонения модельного ансамбля в зависимости от способа присвоения весов

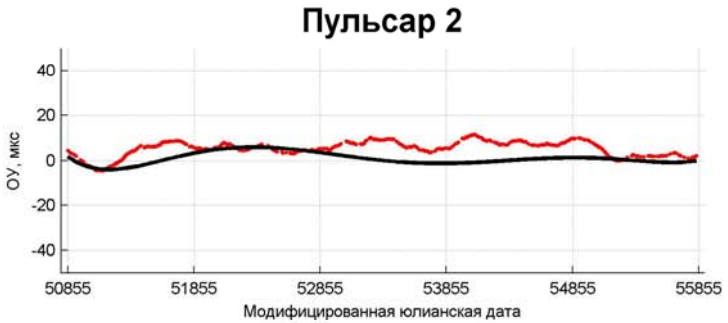


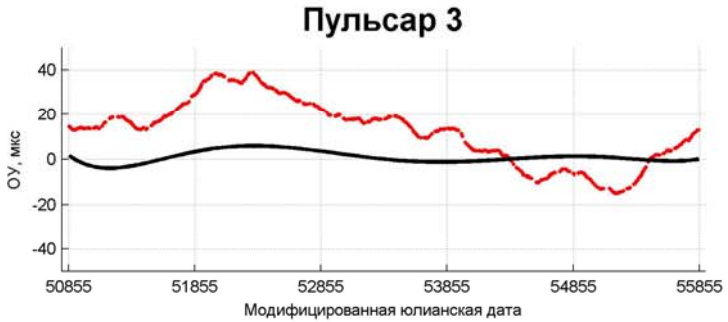


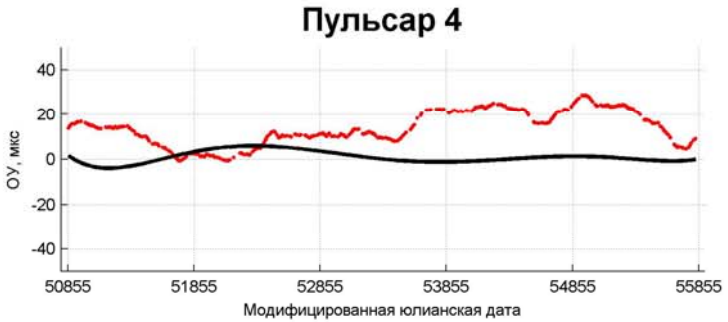


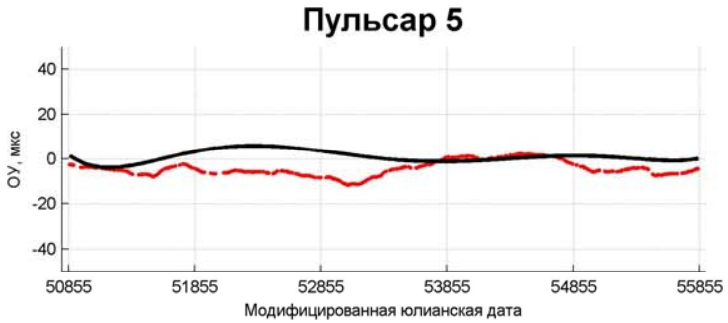


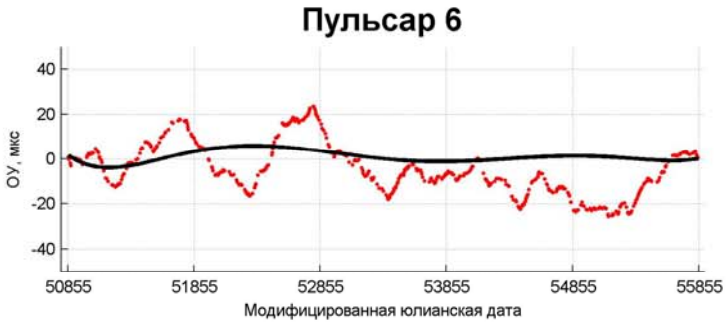
Остаточные уклонения пульсаров модельного ансамбля с преобладанием красных шумов



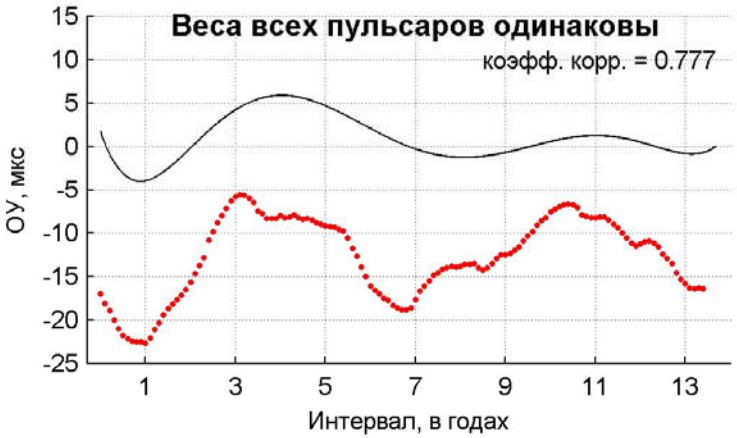


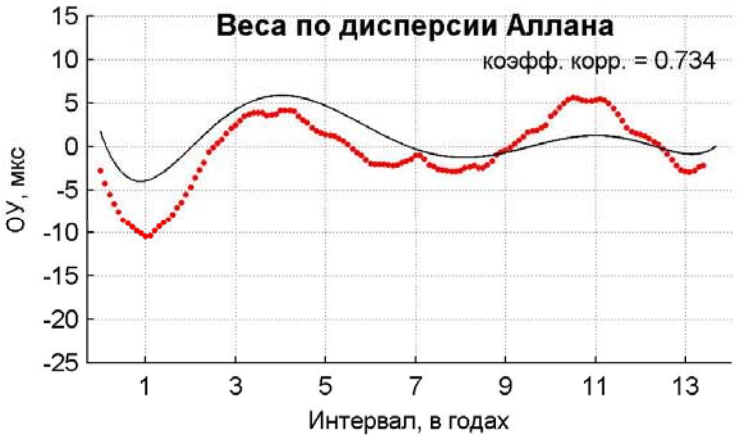






Средние остаточные уклонения ансамбля с преобладанием красных шумов

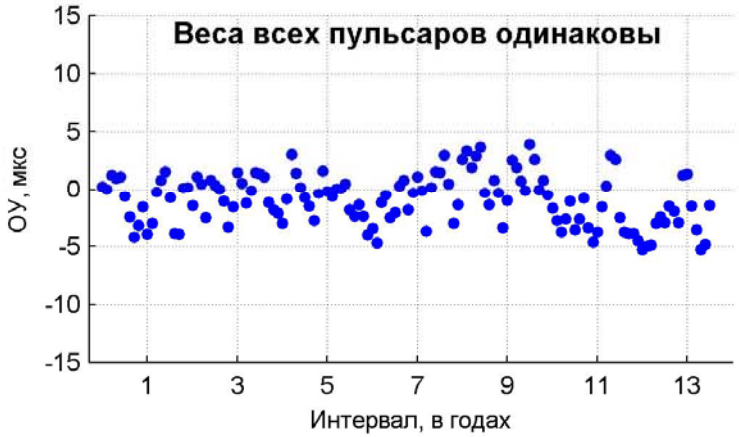


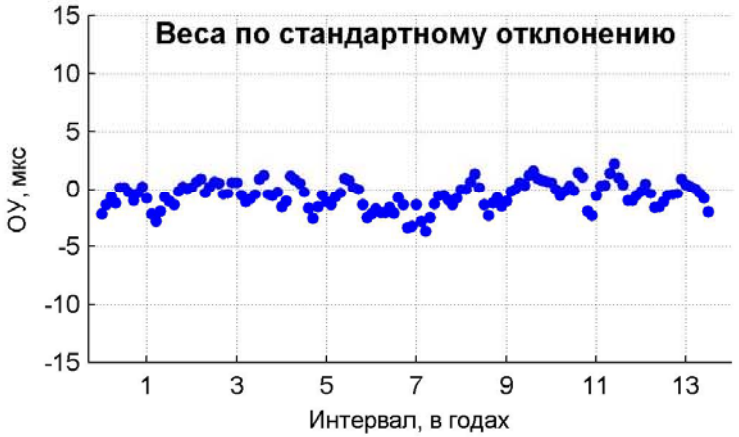


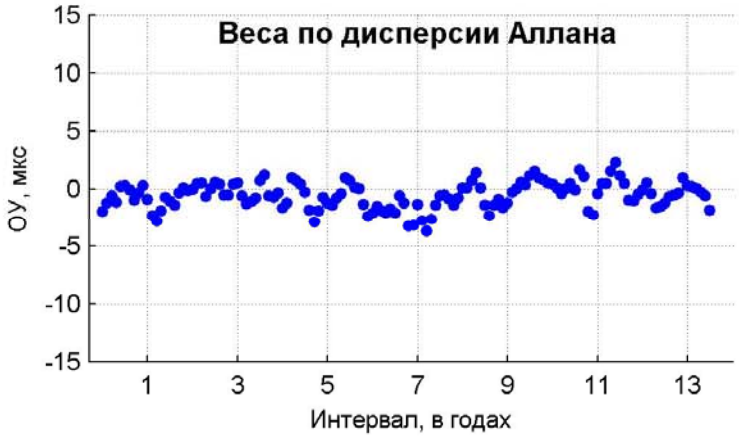
Заключение

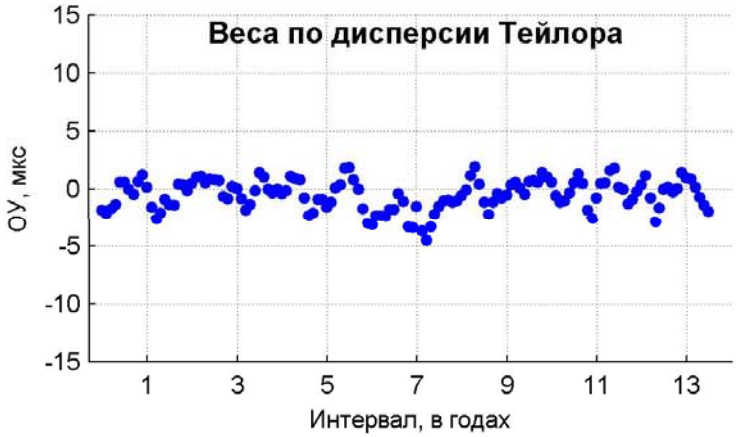
- Предложен алгоритм и написана программа для моделирования ОУ МПИ группы пульсаров с заданными индивидуальными характеристиками и общей детерминированной компонентой.
- Такой подход сделан для того чтобы изучить возможность выделения неравномерностей опорной шкалы (атомного времени) на длительных интервалах по ансамблю реперных пульсаров.
- Показано, что оптимальным методом присвоения весов пульсарам с характеристиками, которые совпадают с характеристиками пульсаров, наблюдавшихся в КРАО АКЦ ФИАН, является взвешивание по СКО.

Остаточные уклонения пульсаров модельного ансамбля в отсутствие детерминированной компоненты

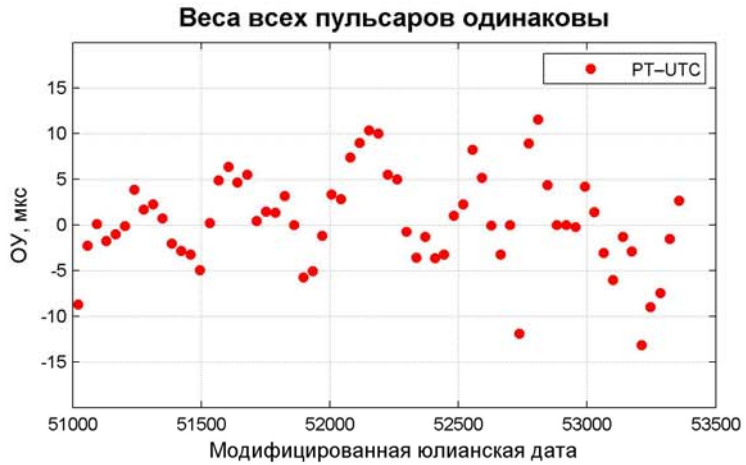


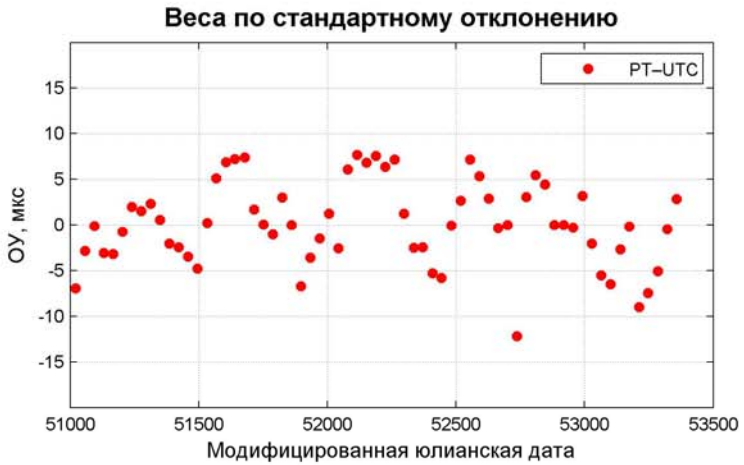


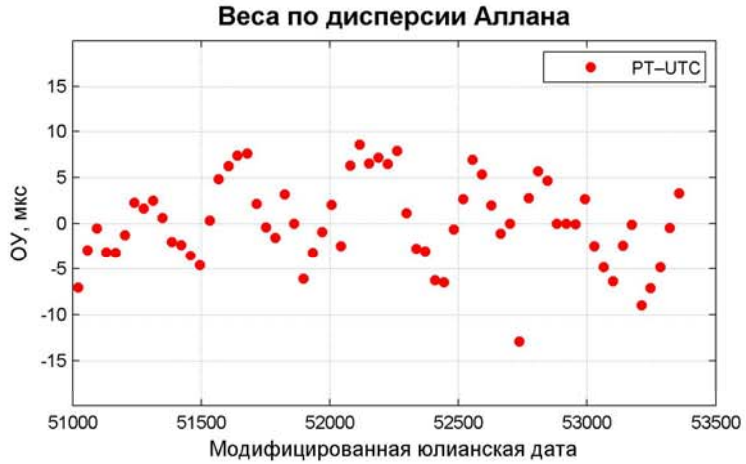


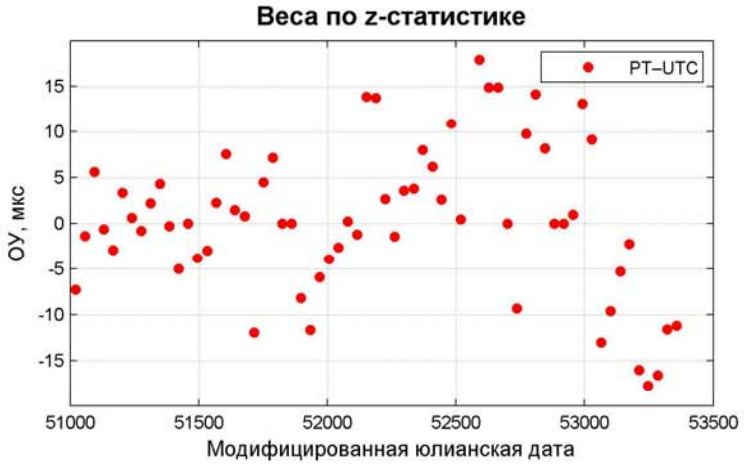


Средние остаточные уклонения ансамбля пульсаров, наблюдавшихся в КРАО АКЦ ФИАН

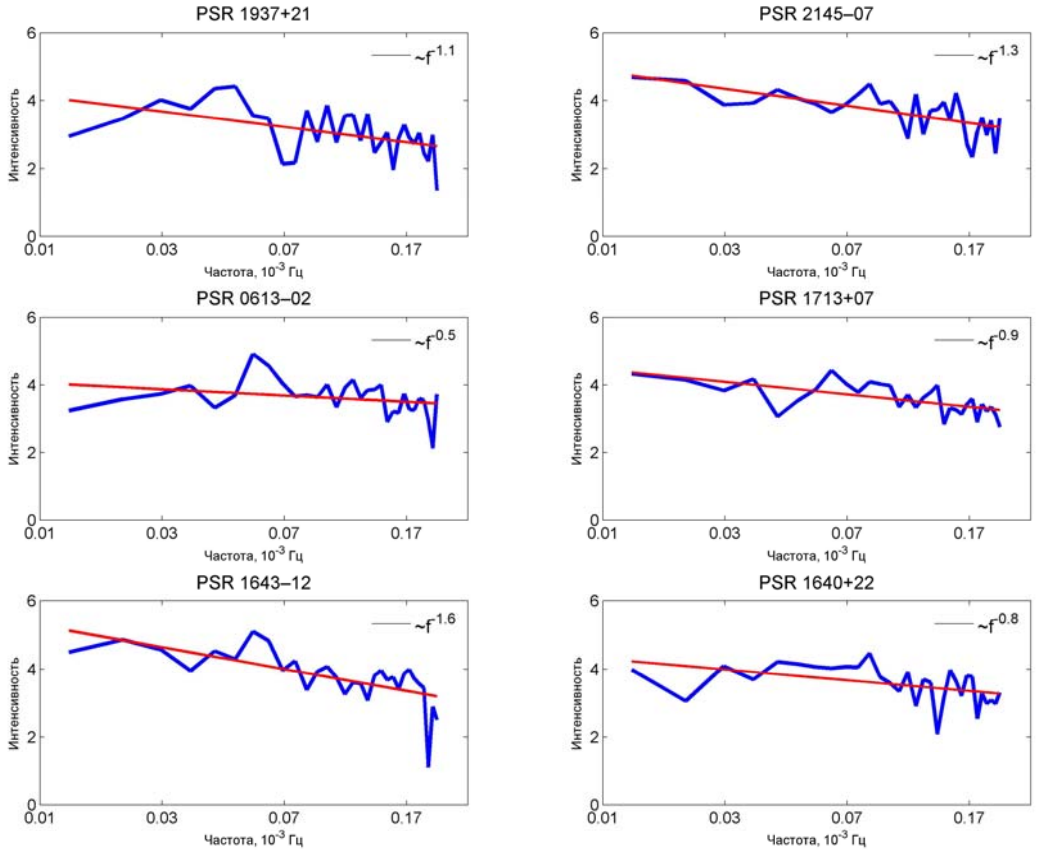




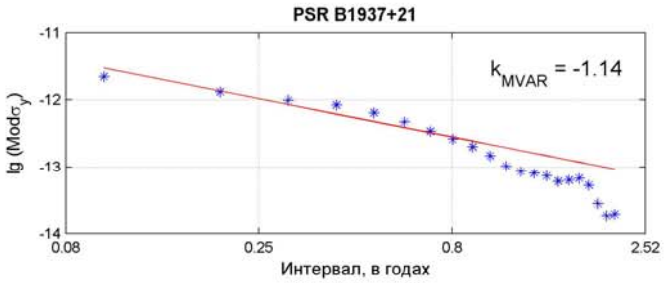


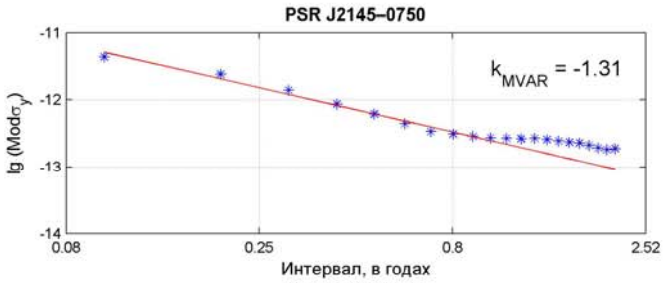


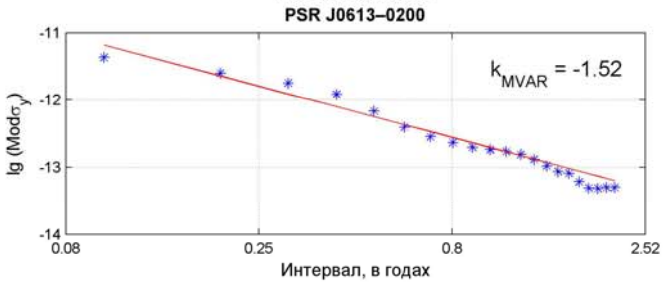
Логарифм спектров ОУ МПИ пульсаров, наблюдавшихся в КРАО

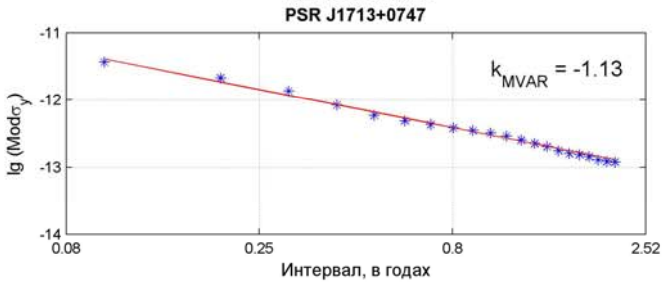


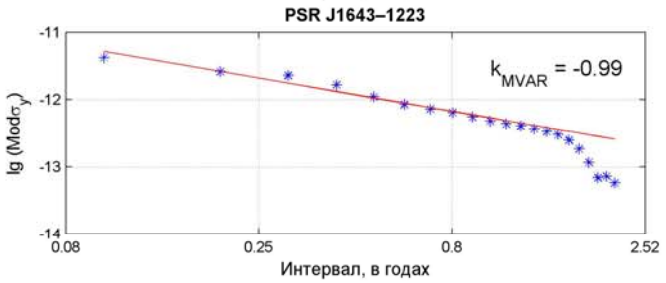
Модифицированная дисперсия Аллана ОУ МПИ пульсаров, наблюдавшихся в КРАО

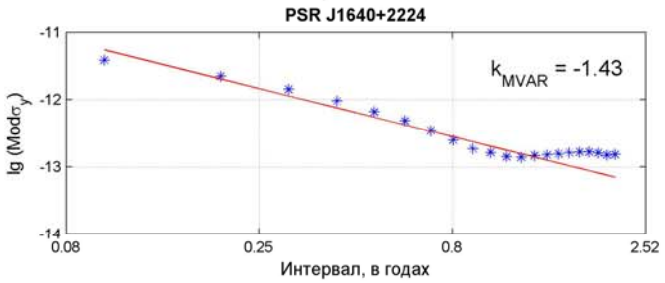












Коэффициенты наклона спектра и модифицированной дисперсии Аллана (в логарифмической шкале) для рядов ОУ МПИ пульсаров, наблюдавшихся в КРАО

k_{MVAR}	k_{SP}	Тип шума
–1,5	0	Белый фазовый
–1	–1	Фликкерный фазовый
–0,5	–2	Белый частотный
0	–3	Фликкерный частотный
0,5	–4	Случайных блужданий частоты

Пульсар	k_{MVAR}	k_{SP}
PSR B1937+21	–1,14	–1,1
PSR J1713+0747	–1,31	–0,9
PSR 2145–0750	–1,52	–1,3
PSR J1643–1223	–1,13	–1,6
PSR J1640+2224	–0,99	–0,8
PSR J0613–0200	–1,43	–0,5