
Издаётся Евразийским астрономическим обществом
и Государственным астрономическим институтом имени П.К. Штернберга МГУ

№ 1629, 2015 ноября 19

Быстрый метод обнаружения периодических радиосточников на БСА ФИАН

А.Е. Родин¹, В.А. Самодуров^{1,2}, В.В. Орешко¹

¹*Пушкинская радиоастрономическая обсерватория,
Астрокосмический центр, Физический институт им. П.Н. Лебедева
Российской Академии наук, Пушкино, Московская область, 142290, Россия*

E-mail: rodin@pra0.ru

²*Национальный исследовательский университет
„Высшая школа экономики“, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 19 ноября 2015 г.

Резюме. Описан быстрый метод поиска на радиотелескопе БСА ФИАН периодических источников радиоизлучения, основанный на быстром преобразовании Фурье. Приводятся примеры обнаружения уже известных пульсаров, а также список новых периодических радиосточников, их координаты, период и мера дисперсии.

Введение

В 2012 г. на радиотелескопе БСА (Большая Синфазная Антенна) ФИАН начались ежедневные наблюдения на новой 96-лучевой диаграмме направленности на частоте 111 МГц в полосе $\Delta F = 2.5$ МГц в шести частотных каналах по 0.42 МГц [1]. Многолучевая диаграмма БСА охватывает область неба от -9 до 42 градусов по склонению. Для оцифровки данных был выбран интервал $\Delta t = 0.1$ с. Флуктуационная чувствительность радиотелескопа для приведенной полосы ΔF и времени накопления Δt равна 140 мЯн [1]. Ежедневный поток данных с антенны составляет 2.3 Гб, в год 0.8 Тб. Непрерывная запись значительной части неба позволяет успешно решать поисковые задачи.

Метод

Для быстрого поиска новых источников периодического радиоизлучения использовался спектральный анализ. Часовые поканальные записи в каждом луче делились на сканы по 2048 отсчётов. Сканы брались с половинным перекрытием по времени. В каждом скане и каждом частотном канале вычислялся спектр мощности. Затем проводилось поканальное сложение спектров. В суммарном спектре применялось сложение гармоник для повышения отношения сигнал/шум. Математическое моделирование показало, что амплитудное отношение сигнал/шум SNR_{in} в исходной записи и выходное значение в спектре SNR_{out} связаны соотношением $SNR_{out} = 4.6 \cdot 10^2 SNR_{in}^2$. Это позволяет, зная величину отношения сигнал/шум в спектре и флуктуационную чувствительность радиотелескопа, оценивать плотность потока исходного сигнала.

Время обработки суточных данных мониторинга неба на БСА описываемым в данной работе методом составляет около 40 минут.

В обработке принимали участие данные, полученные в феврале, декабре 2014 г. и январе 2015 г. Обработка проводилась в два этапа. На первом этапе были найдены все периодические сигналы, имеющие по крайней мере две гармоники с отношением сигнал/шум ≥ 5 . На данном этапе не проводилось различий между помехами, техническими или естественными сигналами.

На втором этапе из всего массива найденных сигналов исключались гармоники, кратные 1 с. Затем исключались сигналы, соответствующие уже известным пульсарам. Критерием было совпадение периода или его гармоник с точностью 0.01 с и максимальное угловое удаление на небе 1.5° . Из 619 пульсаров, попадающих в полосу БСА $-9^\circ \div 42^\circ$, было отождествлено 597.

Затем из оставшихся периодических сигналов были отобраны те, которые были зафиксированы два и более раз в месяц. Сигналы, которые наблюдались только в один день, отбрасывались как недостаточно надёжные.

Результаты

На рис. 1 приведены примеры записей уже известных пульсаров. Левый рисунок показывает дисперсионную зависимость прихода импульса пульсара PSR 0323+3944, правый рисунок показывает дисперсионную зависимость для недавно открытого пульсара PSR 1240+3943 [2]. Светлые области соответствуют большей интенсивности сигнала.

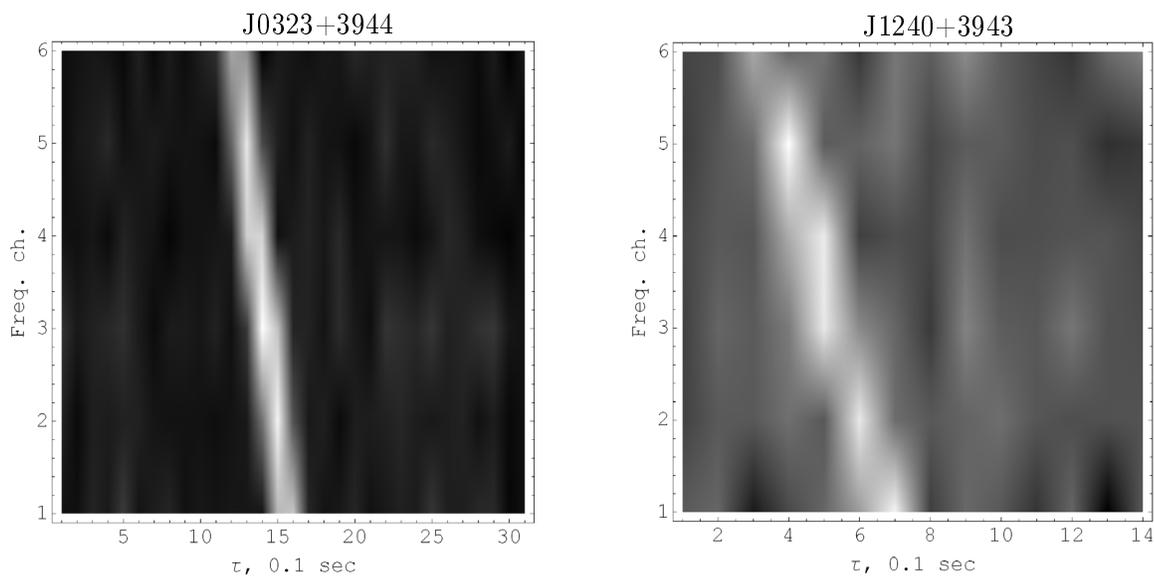


Рис. 1: Средние импульсы пульсаров J0323+3944 и J1240+3943, наблюдаемые в шести частотных каналах. Первый частотный канал соответствует частоте 109.208 МГц, шестой – 111.288 МГц.

В Таблице 1 приведен список обнаруженных периодических радиисточников. Название источника соответствует его положению на небе на эпоху J2000.0. Приведены период, мера дисперсии, среднее отношение сигнал/шум. Числа в скобках показывают погрешность соответствующей величины, относящуюся к последним значащим цифрам.

Таблица 1: Список обнаруженных периодических радиоисточников

Р/источник	Период, с	Мера дисп., пк/см ³	С/Ш	Наличие гармоники
J0446+0723	0.599(1)	16(1)	11.8 (2.8)	+
J0756+0645	0.605(1)	48(5)	6.2 (1.2)	+
J0814+3740	0.520(1)	53(10)	6.2 (0.7)	-
J0926+3018	1.046(2)	31(2)	7.1 (2.0)	+
J0958+2025	0.768(1)	16(1)	6.5 (1.5)	-
J1027-0218	0.539(1)	42(2)	6.6 (1.4)	+
J1358+3011	0.536(1)	17(2)	5.7 (0.7)	+
J1400+0047	0.461(1)	27(1)	9.0 (3.2)	+
J1456+3948	0.881(1)	38(3)	5.9 (0.4)	+
J1508+3931	0.562(1)	88(5)	5.2 (0.1)	+
J1536+1950	1.795(2)	44(2)	8.8 (2.4)	+
J1818+1336	0.543(1)	76(3)	6.4 (0.4)	+
J2024+4140	0.548(1)	50(20)	5.9 (0.9)	+
J2026+0629	0.453(1)	70(5)	7.6 (2.2)	+

Примечания к Таблице 1. Имя радиоисточника дано в виде координат $hhmm \pm dd.d$. Средняя погрешность координат по прямому восхождению и склонению составляет 2^m и 0.6° соответственно. В скобках дана погрешность, относящаяся к последним значащим цифрам. Последняя колонка показывает наличие гармоники соответствующего периода в усреднённом за месяц спектре.

Таким образом, разработанный метод позволяет за относительно небольшое время производить обработку значительной части неба с целью обнаружения новых источников периодического радиоизлучения.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН „Переходные и взрывные процессы в астрофизике“ и гранта РФФИ номер 14-07-00870.

Литература

1. Орешко В.В., Латышев Г.А., Алексеев И.А., Азаренков Ю.И., Иванов Б.И., Карпов В.М., Костромин В.И., Труды ИПА, **24**, 80 (2012).
2. Тюльбашев С.А., Тюльбашев В.С., Открытие новых пульсаров на радиотелескопе БСА ФИАН, Астрон. циркуляр № 1624 (2015).

**Fast Method of Detection of Periodical Radio Sources
at the Radio Telescope LPA LPI**

A.E. Rodin, V.A. Samodourov, V.V. Oreshko

Russia, 142290, Moscow region, Pushchino, PRAO

E-mail: rodin@prao.ru

Received November 19, 2015

Abstract.

A fast method for searching periodical radio sources based on the Fast Fourier Transform at the radio telescope LPA LPI (the Large Phased Array of the Lebedev Physical Institute) is described. Examples of detection of already known pulsars and a list of new periodical radio sources with coordinates, period, and dispersion measure are presented.