

## ПРАКТИКА ПО АНАЛИЗУ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.

По расписанию у третьего курса практические занятия по анализу временных рядов должны проходить **ДИСТАНЦИОННО**

**по СРЕДАМ, на ВТОРОЙ паре 11:15—12:50.**

Официальное средство общения: **Microsoft Teams**.

Поэтому создана команда **СКАВРЯ\_22**, в которую включены все обучающиеся третьего курса АСТРОНОМИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ:

1	Вишневская Александра Сергеевна
2	Дроздов Дмитрий Сергеевич
3	Кайсин Антон Валерьевич
4	Кобозева Виктория Алексеевна
5	Козлов Матвей Дмитриевич
6	Леонов Дмитрий Константинович
7	Лобанова Кристина Станиславовна
8	Лазневрй Сергей Игоревич
9	Лунченко Александра Дмитриевна
10	Мозаль Марина Сергеевна
11	Новикова Полина Андреевна
12	Осетрова Ангелина Александровна
13	Полухина Софья Александровна
14	Русаков Александр Сергеевич
15	Смирнова Полина Игоревна
16	Сонин Даниэль-Эрkki
17	Топинский Владислав Вадимович
18	Харитонов Станислав Андреевич

**ПОЖАЛУЙСТА, проверьте нет ли каких неточностей в списке.**

**ПЕРВОЕ ЗАНЯТИЕ** будет проходить на базе TEAMS в  
ближайшую среду на второй паре.

Основное средство общения, как и прежде, электронной почте. Напоминаю мой адрес: **awhite1943@gmail.com**

Цель практики: подтвердить и укрепить знания, полученные на лекциях, разработав программу СКАВРя, реализующую

**«Спектрально-корреляционный анализ равномерных  
временных рядов»**

и выполнив на её базе ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ, по решению которого составить соответствующий pdf-отчёт. Этот отчёт необходимо прислать до мая месяца по адресу **awhite1943@gmail.com**.

Перед экзаменом информация об отчётах будет передана

Роману Владимировичу Балуюеву.

В случае неудачного ответа по вопросам экзаменационного билета — наличие грамотного отчёта по индивидуальному практическому заданию может улучшить оценку получаемую на экзамене (а отсутствие отчёта — естественно ухудшить)

**Литература**, используемая при выполнении практической задачи:

- Пособие В.В.Витязева

**«Спектрально-корреляционный анализ равномерных  
временных рядов»**

(есть в АСТРОНОМИЧЕСКОЙ БИБЛИОТКЕ в достаточном количестве, на сайте НИАИ в разделе **WWW-ресурсы** и в учебных материалах Teams (в виде pdf-файла под именем even.pdf);

- и, конечно, лекции Романа Владимировича Балуюева.

### Порядок выполнения практической задачи:

1. Реализовать программу (или подпрограмму), которая выводит в файл (или запоминает в элементах массива) значения отсчётов временного ряда (см. формулы (76) и (77), на 26-ой странице пособия, а также (93), (94), (95) на 40-ой странице), который будет использован для тестирования программы СКАВРЯ.

Значения параметров ряда берутся совпадающими с соответствующими значениями из пособия (см. нижний абзац на с. 26).

Желательно, чтобы процедура генерации тестирующего ряда могла компоновать ряд из нескольких гармоник, так как в некоторых ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЯХ могут потребоваться ДВЕ ГАРМОНИКИ.

2. Реализовать программу СКАВРЯ, алгоритм которой изложен в упомянутом пособии на страницах 26—32. (предпочтительные языки программирования ФОРТРАН, СИ, РНУТОН).
3. Добиться, чтобы по результатам обработки тестирующего ряда, выводимым в файл, можно было получить графики, аналогичные графикам на рисунках с 4-го по 9-ый включительно (см. с. 28 и 31).

При этом важно, чтобы диапазоны изменения аргумента и соответствующей найденной характеристики исследуемого ряда были примерно такими же, как и в пособии.

В частности, всплеск периодограммы на рисунке 6 должен быть близок к 0.25, а 99%-ый уровень порога обнаружения сигнала в шумах — к 0.06.

4. Прислать по адресу **awhite1943@gmail.com**
  - (a) ИСХОДНЫЙ ТЕКСТ всех процедур, участвующих в проекте
  - (b) Краткое описание схемы запуска проекта (например, makefile; имена файлов ввода и вывода).
  - (c) аналоги рисунков 4–9, полученные по результатам работы созданной программы СКАВРЯ. Построение графиков можно выполнять как посредством утилиты **gnuplot**, так и средствами других возможных приложений.

5. После того, как будет ЗАЧТЁН созданный работающий проект, я присылаю текст ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ.

С большинством условий индивидуальных заданий можно ознакомиться в разделе **Упражнения**, расположенном на страницах 40—42 пособия.

6. Некоторые ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ могут требовать построения периодограммы как посредством БЫСТРОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ Фурье, так и посредством обычного дискретного преобразования Фурье. Поэтому наряду с процедурой БПФ полезно иметь и процедуру ДПФ.
7. После того, как будет получено РЕШЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ, необходимо прислать соответствующий текст и графики, демонстрирующие правильность сделанных выводов. Я проверяю Вашу работу (возможно, делаю какие-то замечания, которые Вы учитываете при очередной доделке)
8. В конечном итоге (когда мои придирки иссякают) Вы по теме индивидуального задания составляете ОТЧЁТ в виде pdf-файла, в который вставлены соответствующие рисунки с поясняющими подписями. Типичный размер отчёта — 4-6 страниц (вместе со всеми формулами, выводами и рисунками).

### **ОТЧЁТ должен состоять из:**

1. титульной страницы (ФИО, название индивидуальной задачи, дата сдачи отчёта)
2. формулировки условия индивидуального задания (можно просто переписать текст соответствующего упражнения);
3. Краткого текста и основных формул, на основе которых можно решить поставленную задачу (формулы и текст, как правило, тоже можно найти в пособии)
4. Комментария к результатам работы программы СКАВРя, представленным в виде графиков и выводы, соответствующие теме индивидуального задания

## НЕКОТОРЫЕ УТОЧНЕНИЯ

1. В качестве шумовой компонентв используется БЕЛЫЙ ШУМ, который должен моделироваться программным путём. Для моделирования БЕЛОГО ШУМА используем соответствующий датчик случайных чисел: а именно, РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ПО НОРМАЛЬНОМУ закону с нулевым математическим ожиданием и ЕДИНИЧНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ.

Среди встроенных функций ФОРТРАНа есть датчик случайных чисел, распределённых равномерно по промежутку  $[0,1]$ . Поэтому процедуру получения НОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ придётся написать особо.

2. При расчёте  $D_{max}$  (уровня значимости сигнала) приходится умножать среднее значение дисперсии ряда на  $X_1$  — отсчёт нормированной периодограммы центрированного белого шума (см. таблицу 1 на стр. 13 и формулы (23),(24) на стр. 12).
3. При учёте тренда ВАЖНО понимать различие между простым центрированием и вычитанием модели тренда. Центрирование полезно, когда априори известно, что тренда НЕТ. Если же тренд есть и найдены его параметры, то его вычитание уже само по себе и есть своеобразное центрирование исходного ряда. Так что после вычитания тренда никакого дополнительного центрирования проводить НЕ НАДО.

4. При **честном** подходе к определению параметров тренда придётся не только определять эти параметры (имеются ввиду  $\alpha$  и  $\beta$  из формулы (76)) методом МНК, НО И ИХ среднеквадратические ошибки.

При этом полезно проанализировать значения этих ошибок, сравнив их с полученными значениями  $\alpha$  и  $\beta$ . Результат анализа при исходных  $\alpha = 0.1$  и  $\beta = 0.05$  приводит к выводу, что формула задания тренда задана неудачно, так как среднеквадратическая ошибка параметра *alpha* оказывается того же порядка, что и само *alpha*

Для исправления ситуации следует ту же самую модель линейного тренда (ту же самую прямую) задавать формулой, в которой в качестве параметров используются модифицированные значения  $\alpha$  и  $\beta$ .

5. В одном упражнении требуется определить наряду с частотой гармоники ещё и её фазу. Расчёт фазы можно провести по формуле:

$$\varphi = \frac{Im(\nu_{max})}{Re(\nu_{max})}$$

где  $\nu_{max}$  — частота, на которую приходится **по сути дела** максимальный всплеск периодограммы.

В случае БПФ для корректного нахождения фазы частоту исходной гармоники следует задавать соответствующим образом.