

**РАИИ – 2024
МОСКВА**

**Современные методы аналитики
данных в системах
интеллектуального мониторинга**

А. Долгий, С. Ковалев

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ

Пример универсальной модели УПП, полученной на основе обобщения опыта разработчиков различных классов АСУТП на ЖТ.

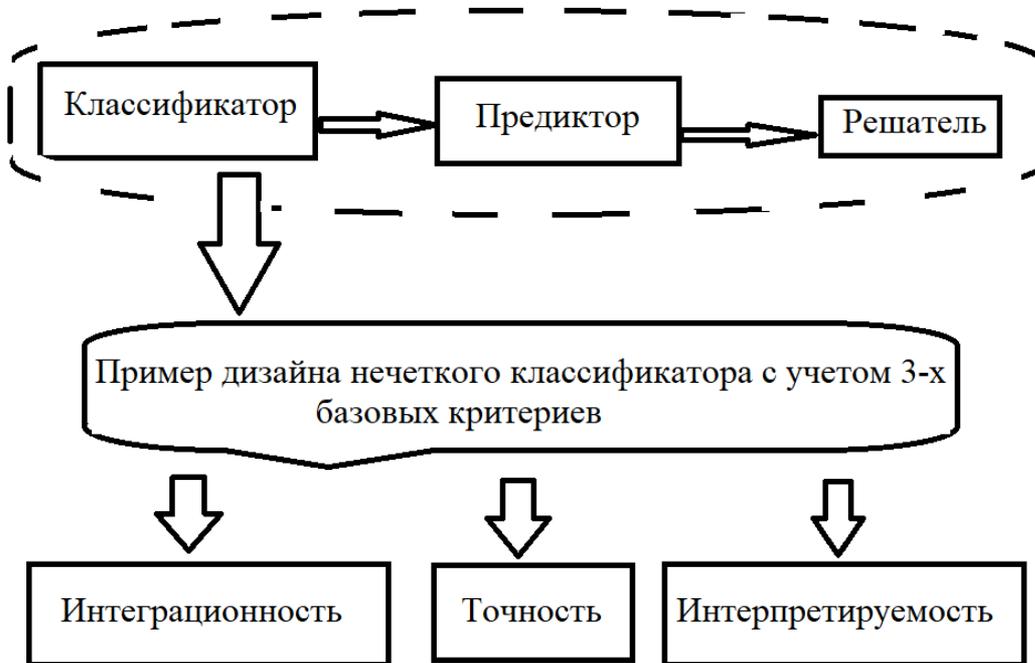


ДИАГРАММА ШУХАРТА

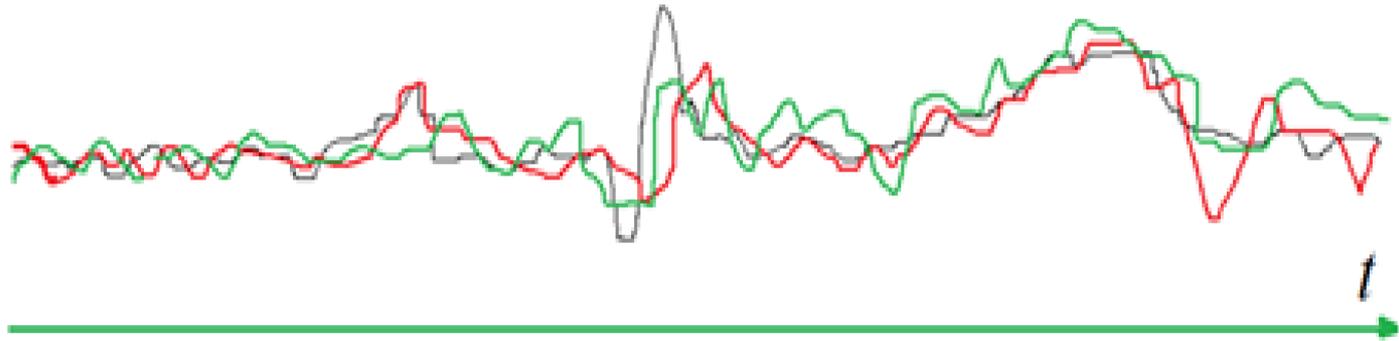
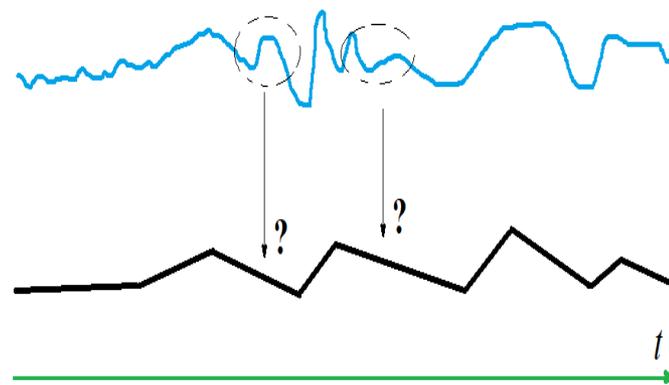
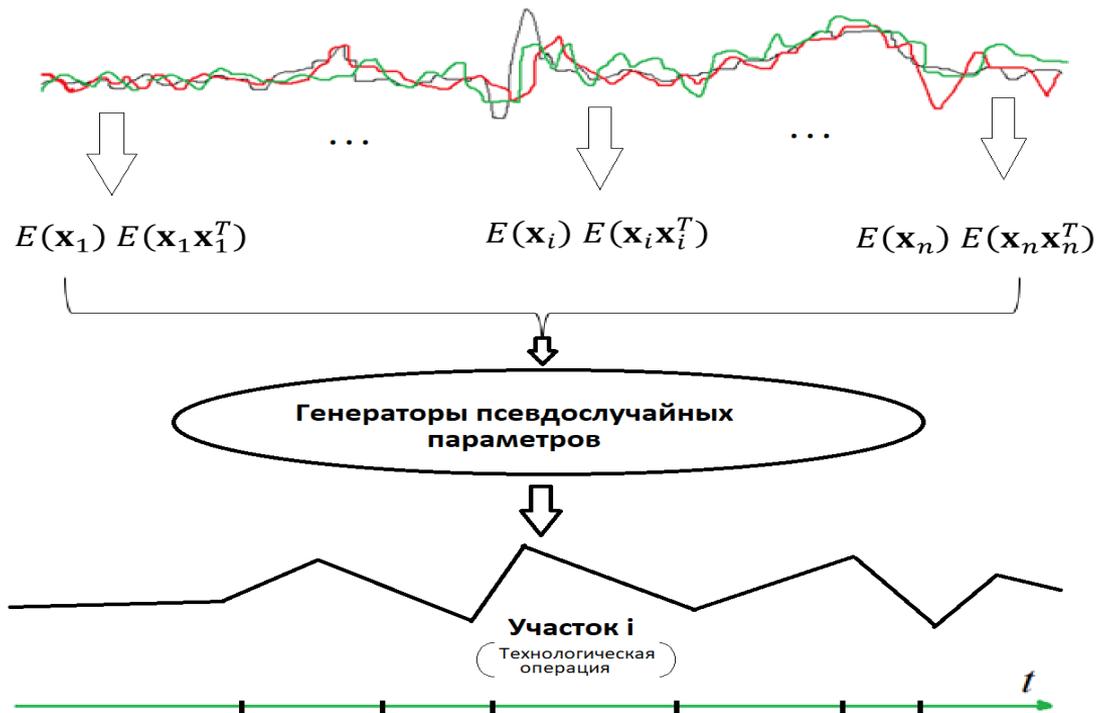


Рис. Диаграмма Шухарта

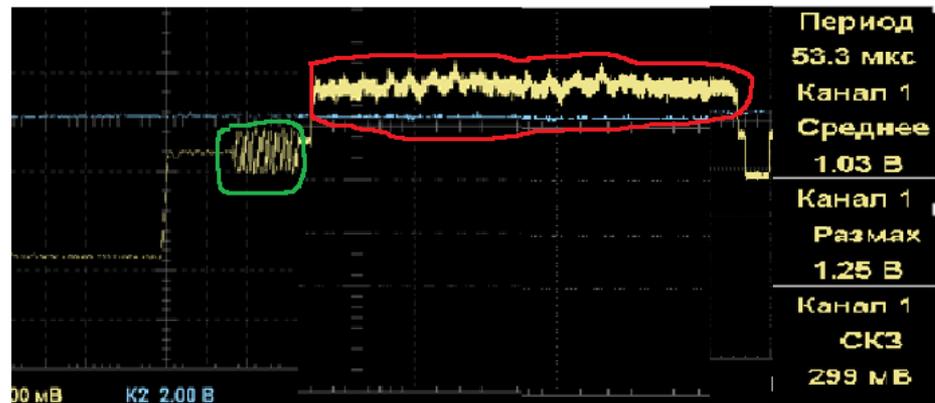
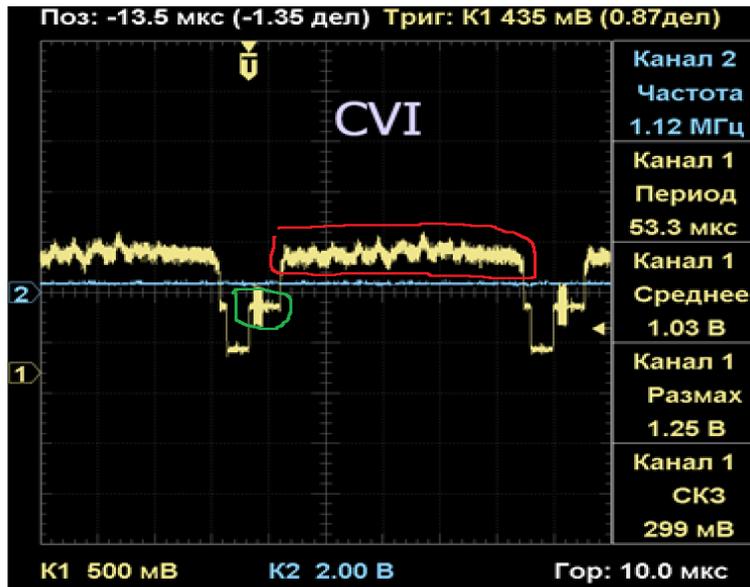
(набор графиков, описывающих динамику параметров процесса)



КЛАССИЧЕСКАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ



МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ. ПОЯСНЯЮЩИЙ ПРИМЕР



ОБЩИЙ ПОДХОД К ИМ

Одновременно с ИМ стартует и синхронно с ТП эволюционирует eFTS. Эволюционирование eFTS происходит под управлением потока данных, сопровождающих ТП, на основе механизма инкрементного обучения.



Идеальная митирующая модель, способная синхронизировать свое поведением с моделируемым процессом.

Принципиальное достоинство - способность синхронизации с предикторными событиями → новые возможности по реализации AMD-функционала средствами предиктивной аналитики. Возможность прогнозирования фактов свершения целевых событий на основе упреждающего выявления предвестников

ФАКТЫ НАЛИЧИЯ ПРЕДВЕСТНИКОВ

- появление колебаний электромагнитных полей и температурного поля в преддверии разрушений металлических конструкций [Nesterov et.al, 2007];
- резкое изменение скоростных соотношений между отцепами в преддверии нештатных ситуаций (нагонов отцепов на СГ) [[Kovalev et.al., 2016]
- увеличение времен задержек поездов в преддверии нарушения расписаний и сбоев в работе станций [Sukhanov et.al., 2016]
- увеличение зазоров фрикционных клиньев в преддверии возникновения отрицательной динамики вагонов [[Dolgy et. Al., 2016]

Две условные группы предвестников:

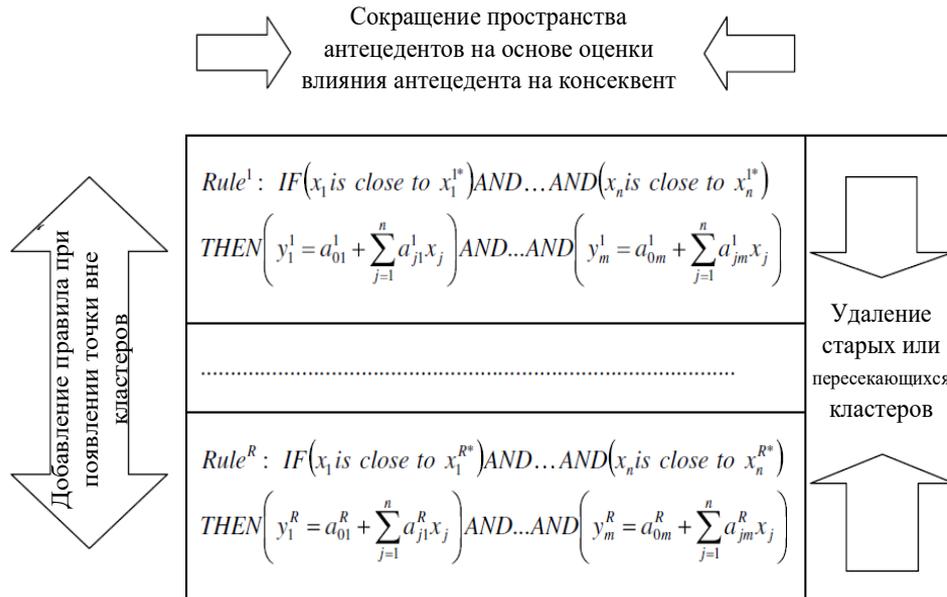
- изменением характера поведения физических сигналов с датчиков НО;
- изменение параметров простр-временных отношений в развитии ТП.

Характерные особенности предвестников:

- Нарастание колебательной динамики одних системных параметров на фоне снижения вариаций других параметров;
- “Затишье перед бурей” – замирание в преддверии аномалии.

ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОСНОВЕ ИННС И ЛОГ-ОТОБРАЖЕНИЯ

В качестве эволюционирующей модели выбрана ИННС Сугено



ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОСНОВЕ ИННС И ЛОГ-ОТОБРАЖЕНИЯ

Логистическое отображение:

$$x(t + 1) = r \cdot x(t) \cdot (1 - x(t)),$$

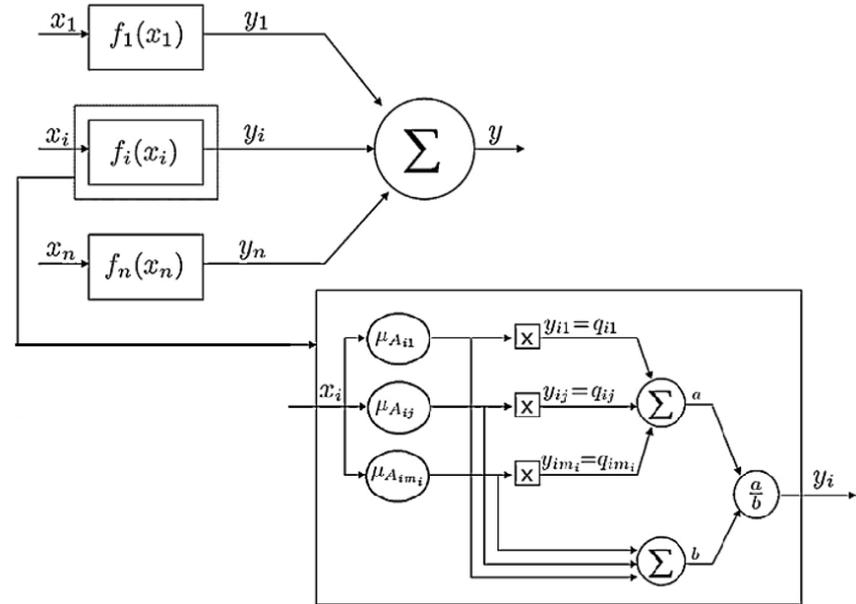
где $r \in [1, \infty]$ – параметр скорости роста популяции, описываемой $x(t)$.

В качестве эволюционирующей модели выбрана ИННС Сугено

IF $x_1 = a_{11}$ & ... & $x_m = a_{n1}$ *THEN* $y = C_1$

...

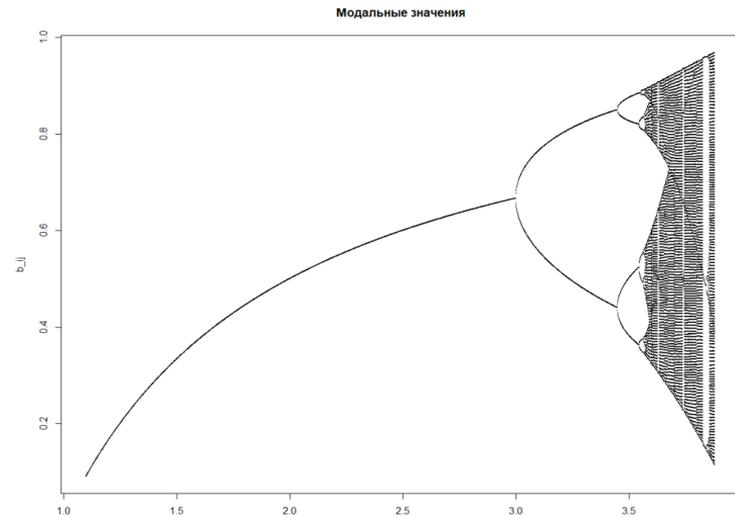
IF $x_n = a_{nm}$ & ... & $x_m = a_{nm}$ *THEN* $y = C_n$



ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОСНОВЕ ИННС И ЛОГ-ОТОБРАЖЕНИЯ

Целью эксперимента - выявить “провокаторов” бифуркаций и возможность их обнаружения на основе анализа структурных изменений в БЗ eFTS. В качестве «индикатора» изменений - количество правил в БЗ EFTS и модальные значения.

Показывает процесс эволюционирования eFTS синхронно с процессом эволюционирования параметра r . При малых r модель выходит на одно правило, по мере увеличения r модель приближается к бифуркации, после чего выходит на два нечетких правила. Произошло структурное изменение БЗ eFTS. Далее эволюционирование выходит на новые точки бифуркации, требующие новых обновлений БЗ.



ЭКСПЕРИМЕНТ НА ОСНОВЕ ИННС И ЛОГ-ОТОБРАЖЕНИЯ

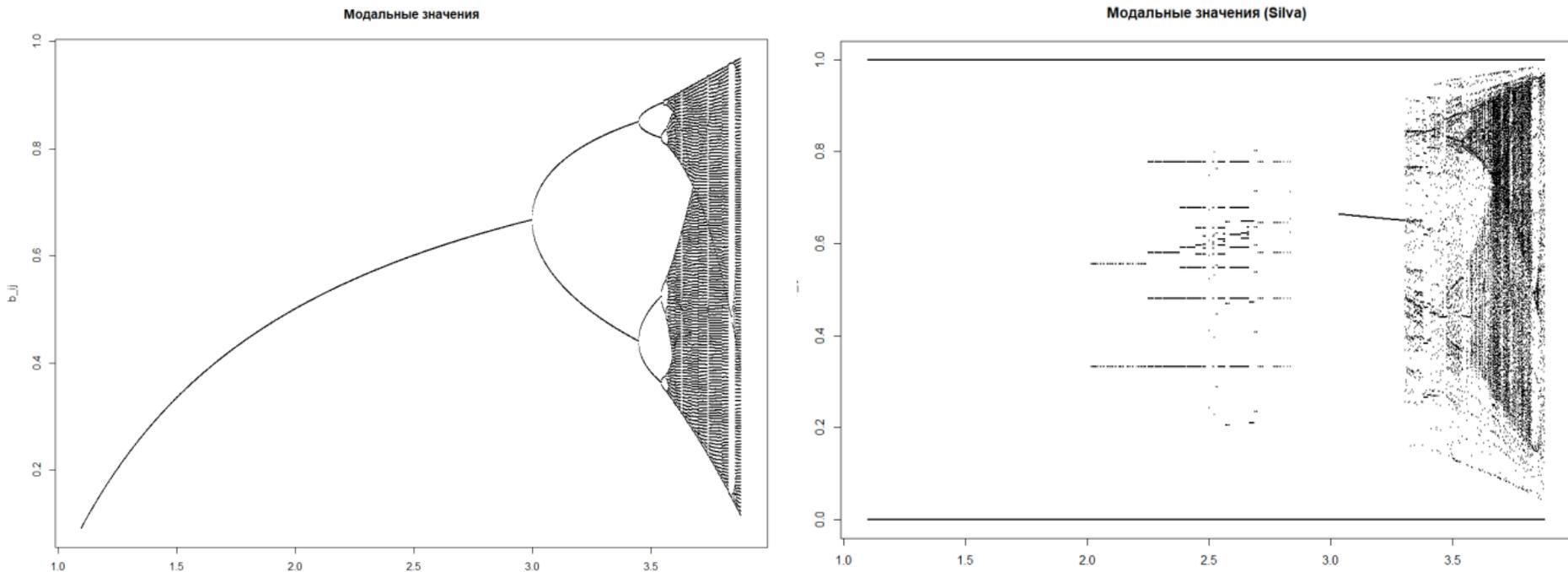
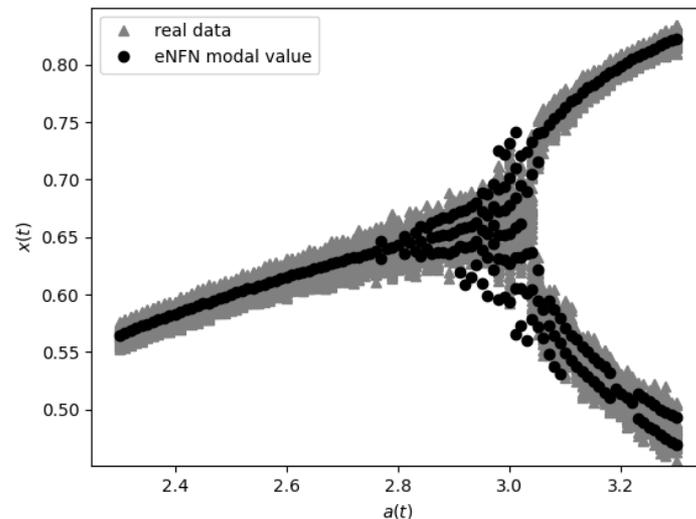
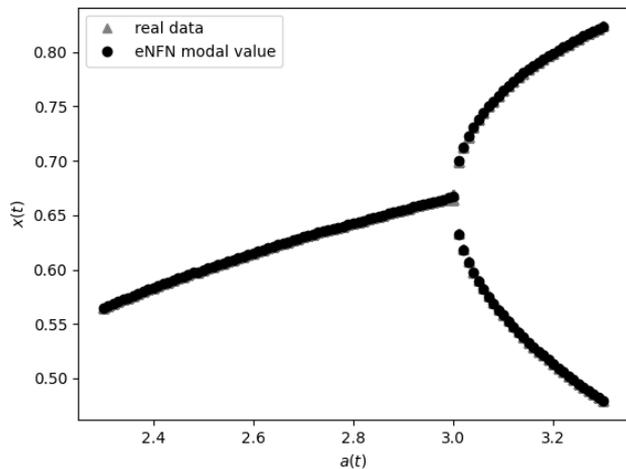


Рис. Сравнительный эксперимент eFTS с ИННС, в работе Сильвы

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ “ПРОВОКАТОРА”



Для провоцирования появления предвестника в модель необходимо добавить белый шум в параметры порождающей системы. В случае логистического отображения на параметр r наложен шум $\varepsilon \in [-0.01; 0]$ (рис. 3).

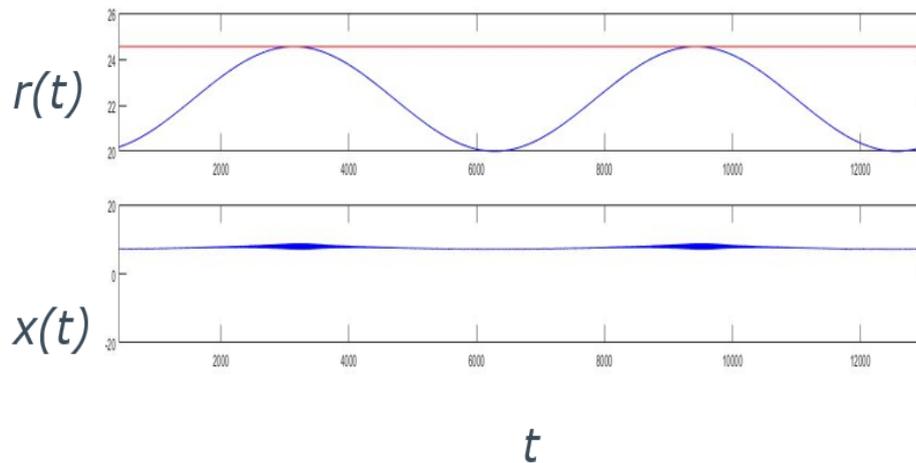
ЭКСПЕРИМЕНТ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ “ПРОВОКАТОРА”

Второй эксперимент на динамической системе, описывающей странный аттрактор Лоренца:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma(y - x) \\ \dot{y} = x(r - z) - y, \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

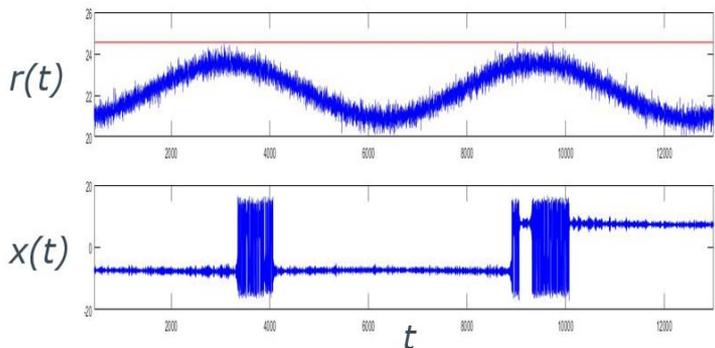
где $\sigma=10$, $r=28$, $b=8/3$.

Для проявления бифуркации плавно изменялся параметр r в пределах $[20; 24,55]$ ($r(t)=\sin(f(t))$) до максимального приближения к циклам аттрактора Лоренца



ЭКСПЕРИМЕНТ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ "ПРОВОКАТОРА" в модели Лоренца

Добавление белого шума $\varepsilon \in [-4; 0]$ инициирует случайный переход системы (2) в странный аттрактор до $r = 24.55$



Модулирующее значение r

Аттрактор Лоренца (x -
составляющая)

Изменение кластеров eTS+ в срезе $x(t-0.12), x(t-0.36)$

