

# Анализ нестационарности ЭЭГ/ЭКоГ и построение предвестника разрядки



---

Орлов Юрий Николаевич

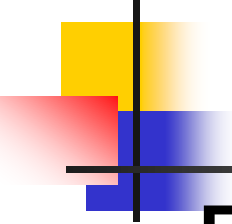
ФИЦ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

# BigData в медико-биологических задачах

Совместный проект  
ФИЦ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН  
и НИЦ нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко:

- **Статистическое исследование электроэнцефалограмм и электрокортикограмм пациентов с целью разработки более эффективного метода определения предвестника изменения состояния больного;**
- **Разработка вычислительного алгоритма и тестирование его на имеющейся в НИЦ базе данных;**
- **Разработка программного обеспечения и встраивание его в имеющееся оборудование по мониторингу состояния пациентов.**

# Цель исследования



---

**Проверка статистической гипотезы о повышении или понижении уровня нестационарности данных ЭЭГ/ЭКоГ по отдельным отведениям или их совокупности перед приступом эпилепсии**

- **определение уровня нестационарности**
- **определение окна сканирования**
- **определение достоверности срабатывания индикатора**

# Основные понятия

**Определение 1.** ВФР  $F(\mathbf{x}, t; N)$  – выборочная функция распределения фрагмента временного ряда  $\{x(t - N + 1), \dots, x(t)\}$ , понимаемая как сумма эмпирических частот

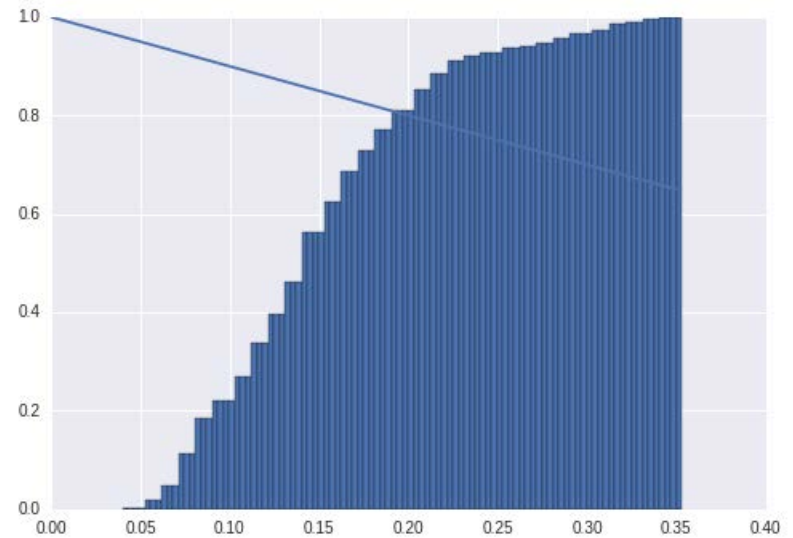
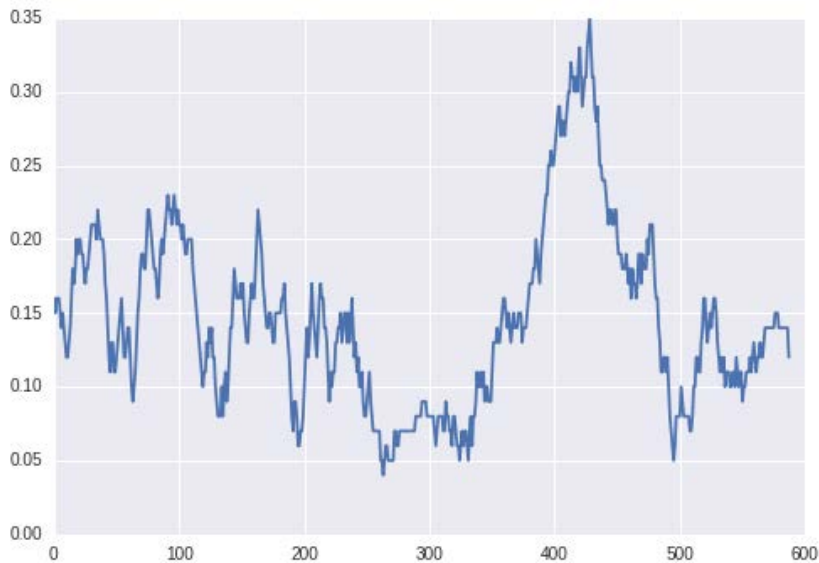
**Определение 2.**  $\rho(t; N) = \sup |F(x, t; N) - F(x, t + N; N)|$  - расстояние между двумя встык-выборками длины  $N$  в смысле ВФР, т.е. в норме  $C$

**Определение 3.**  $G(\rho, N)$  – функция распределения расстояний между двумя встык-выборками длины  $N$  в смысле ВФР

**Определение 4.** Согласованный уровень стационарности (СУС) в норме  $C$  есть величина  $\rho^*(N)$ , являющаяся решением уравнения

$$G(\rho, N) = 1 - \rho$$

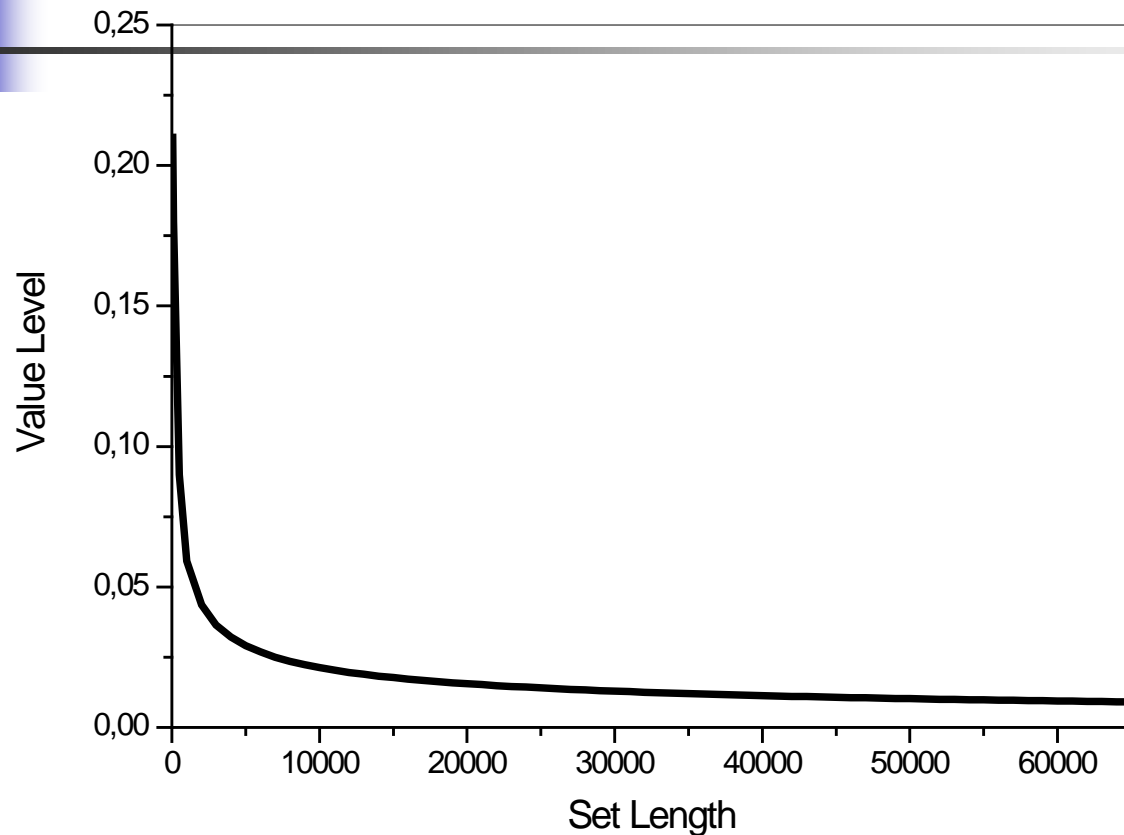
# Пример вычисления СУС для выборки определенной длины



**Слева:** ряд расстояний между встык-выборками в норме  $S$

**Справа:** вычисление СУС для распределения расстояний между распределениями

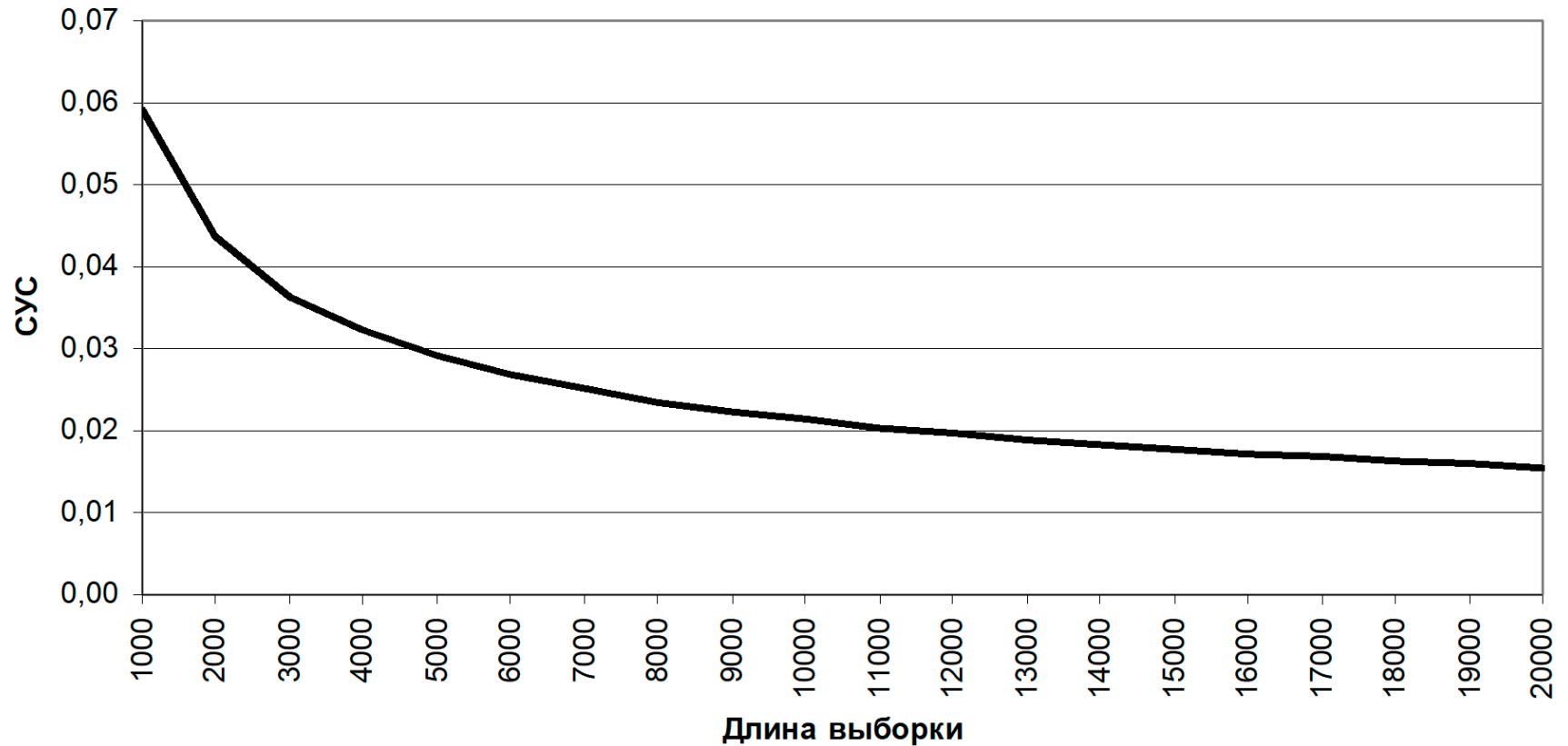
# Табулирование стационарного СУС



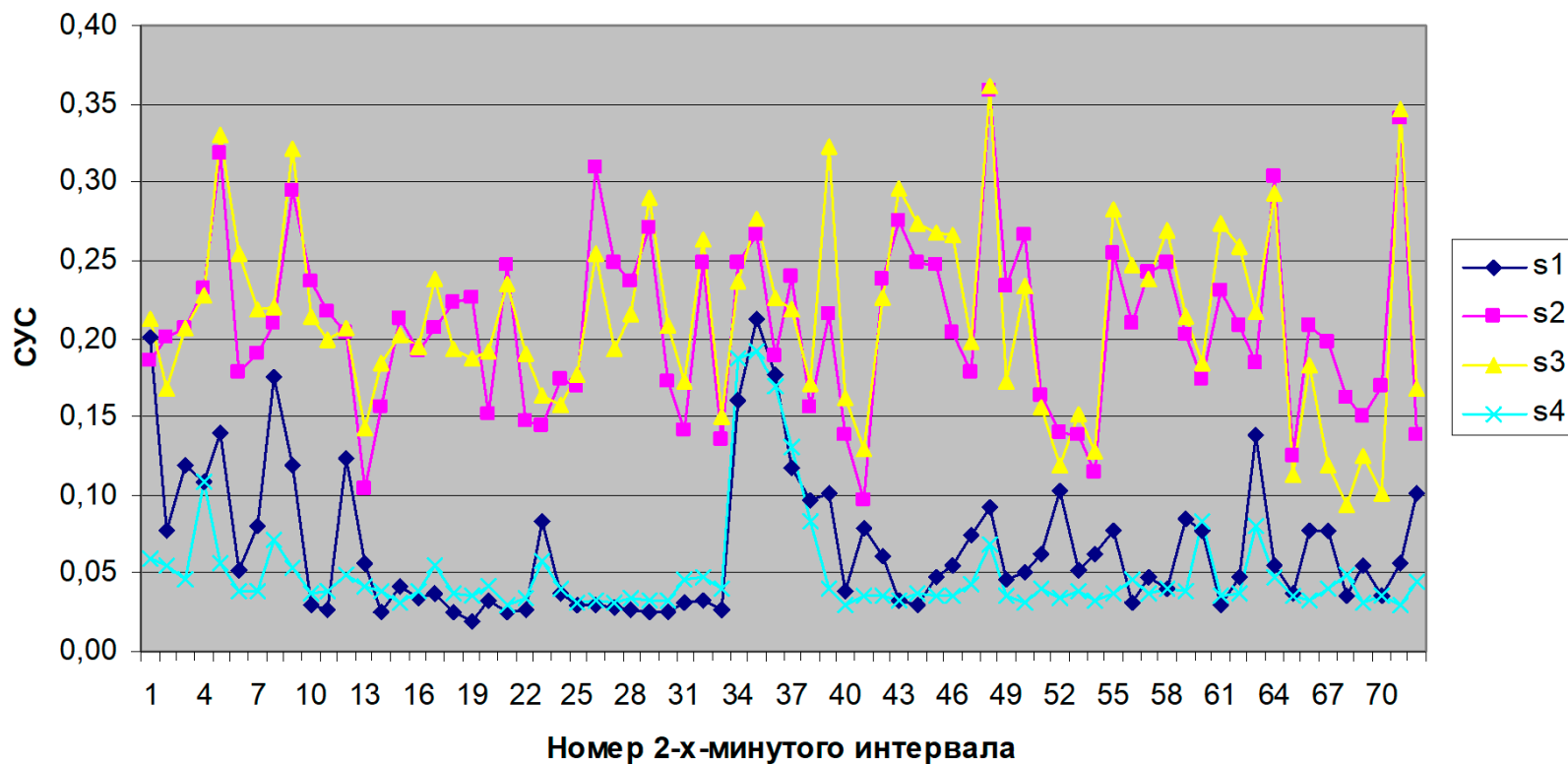
$$1 - \rho = K \left( \sqrt{\frac{N}{2}} \rho \right)$$

**СУС в норме С для стационарных ВФР не зависит от вида распределения и вычисляется по функции Колмогорова**

# СУС стационарных распределений для малых выборок



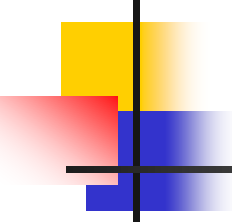
# Ряды СУС для выборки длины 5000 в окне 2 мин



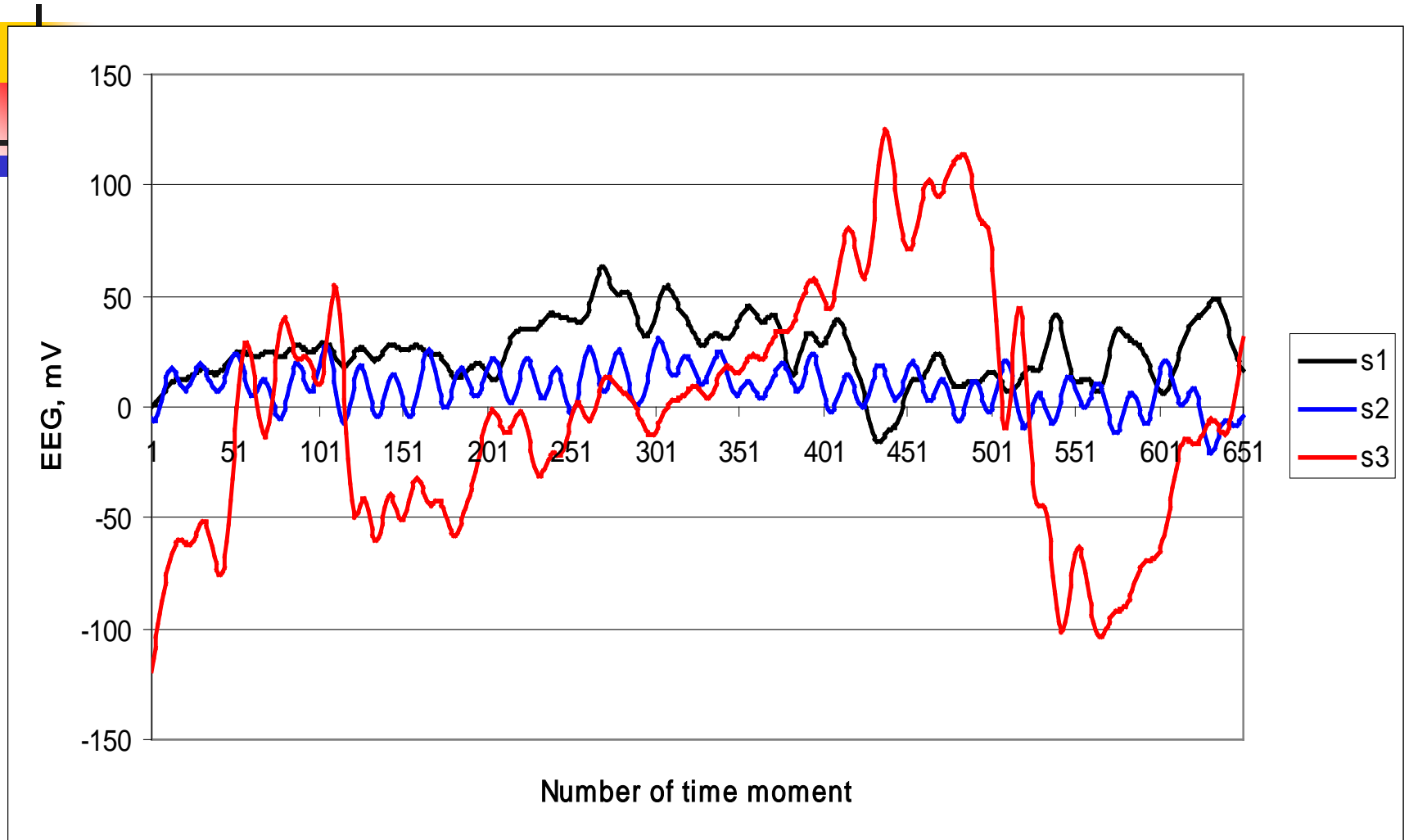
Примеры рядов СУС в скользящем окне 2 мин  
для разных отведений



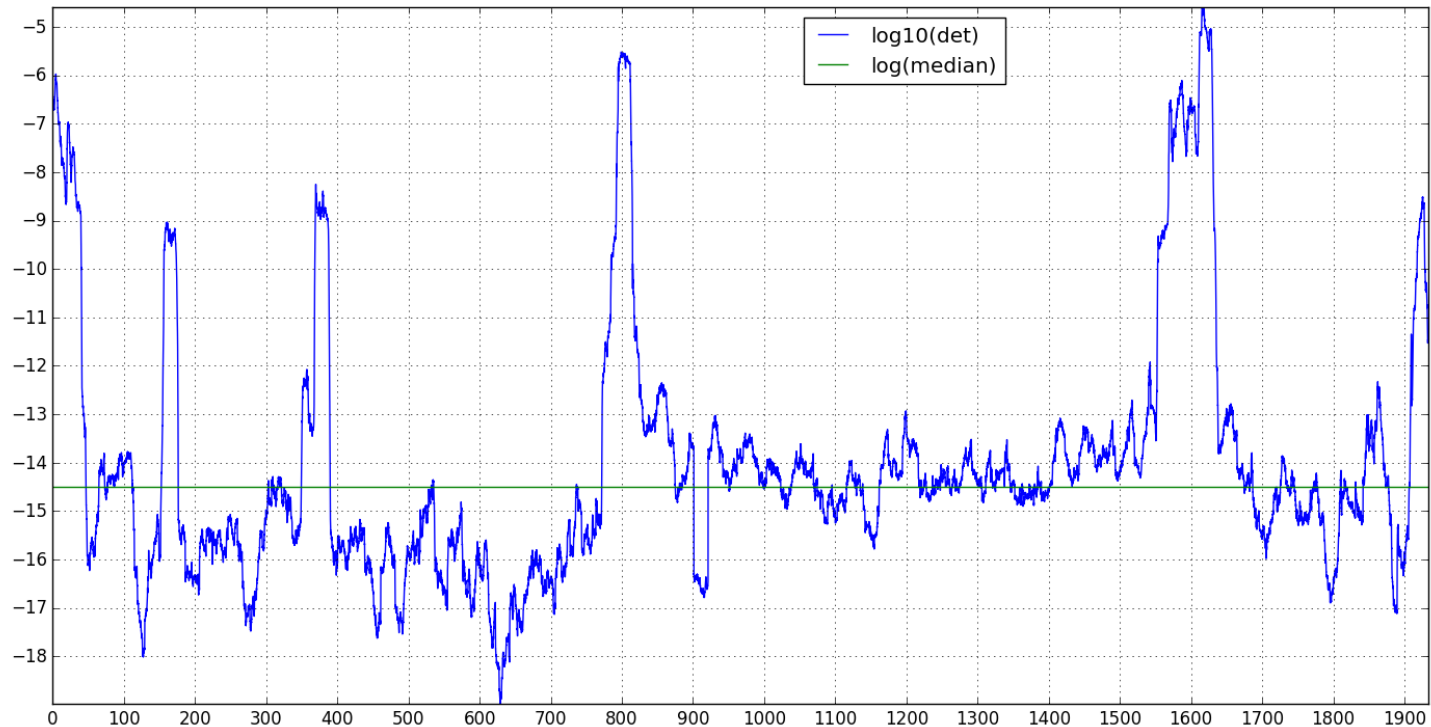
# Основные эмпирические предположения

- 
- а) уровень нестационарности меняется по некоторой группе отведений синхронно, но разные участки мозга независимы.
  - б) перед приступом эпилепсии уровень нестационарности ЭЭГ по некоторой группе отведений значительно меняется по сравнению с «обычным» состоянием пациента.
  - в) для конкретного пациента существует устойчивая группа отведений, которая позволяет идентифицировать изменение индикатора СУС перед приступом и построить тем самым предиктор приступа.

# Пример рядов ЭЭГ для разных отведений по одному пациенту

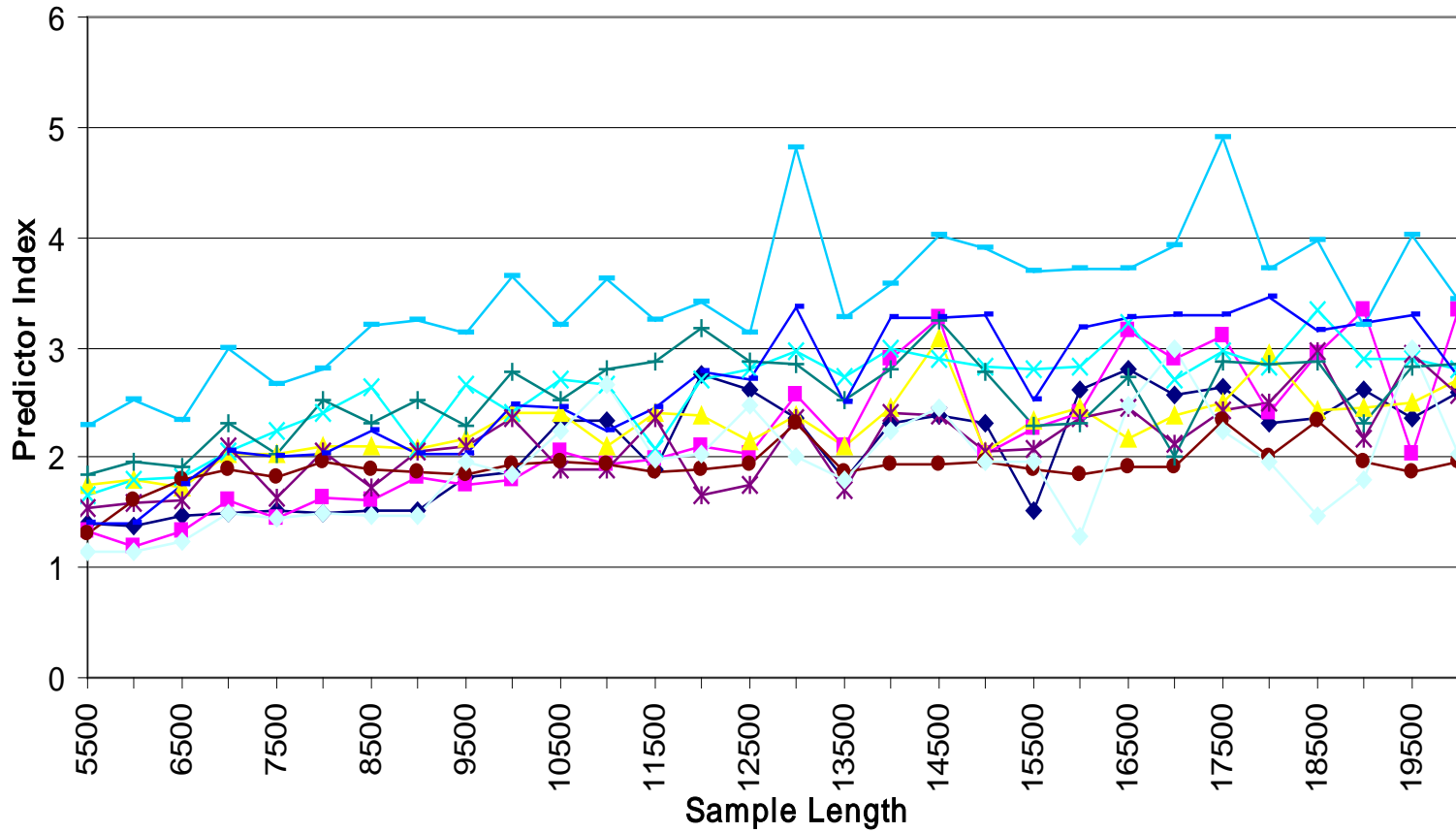


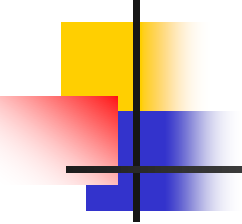
# Некоррелированность и нестационарность данных ЭЭГ



Показан логарифм определителя корреляционной матрицы в скользящем окне длиной 30 сек (15 тыс. данных) для 22 отведений

# Индекс нестационарности по отведениям



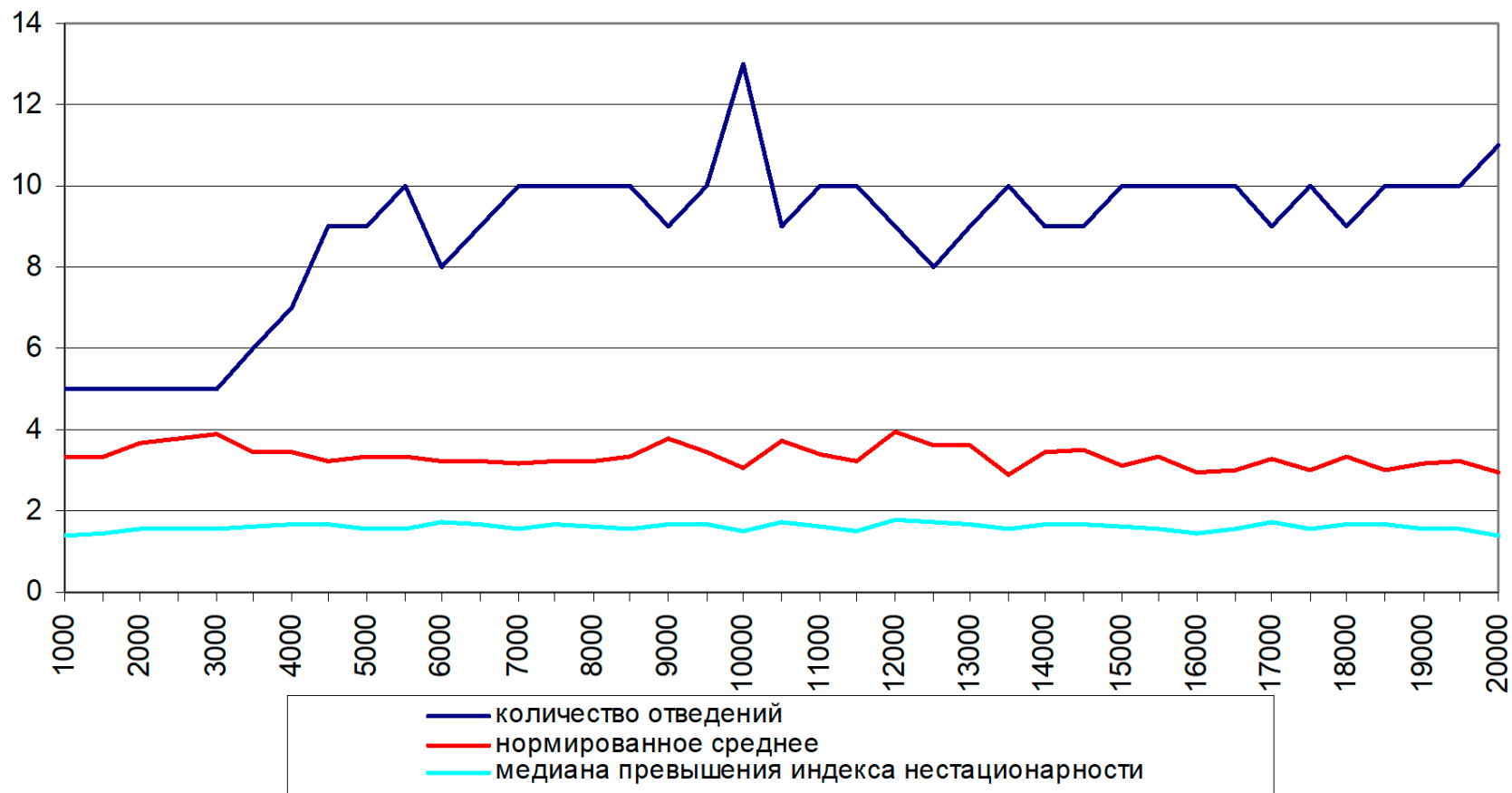


# **СУС по отведениям для трех пациентов за период 1 час в спокойном состоянии**

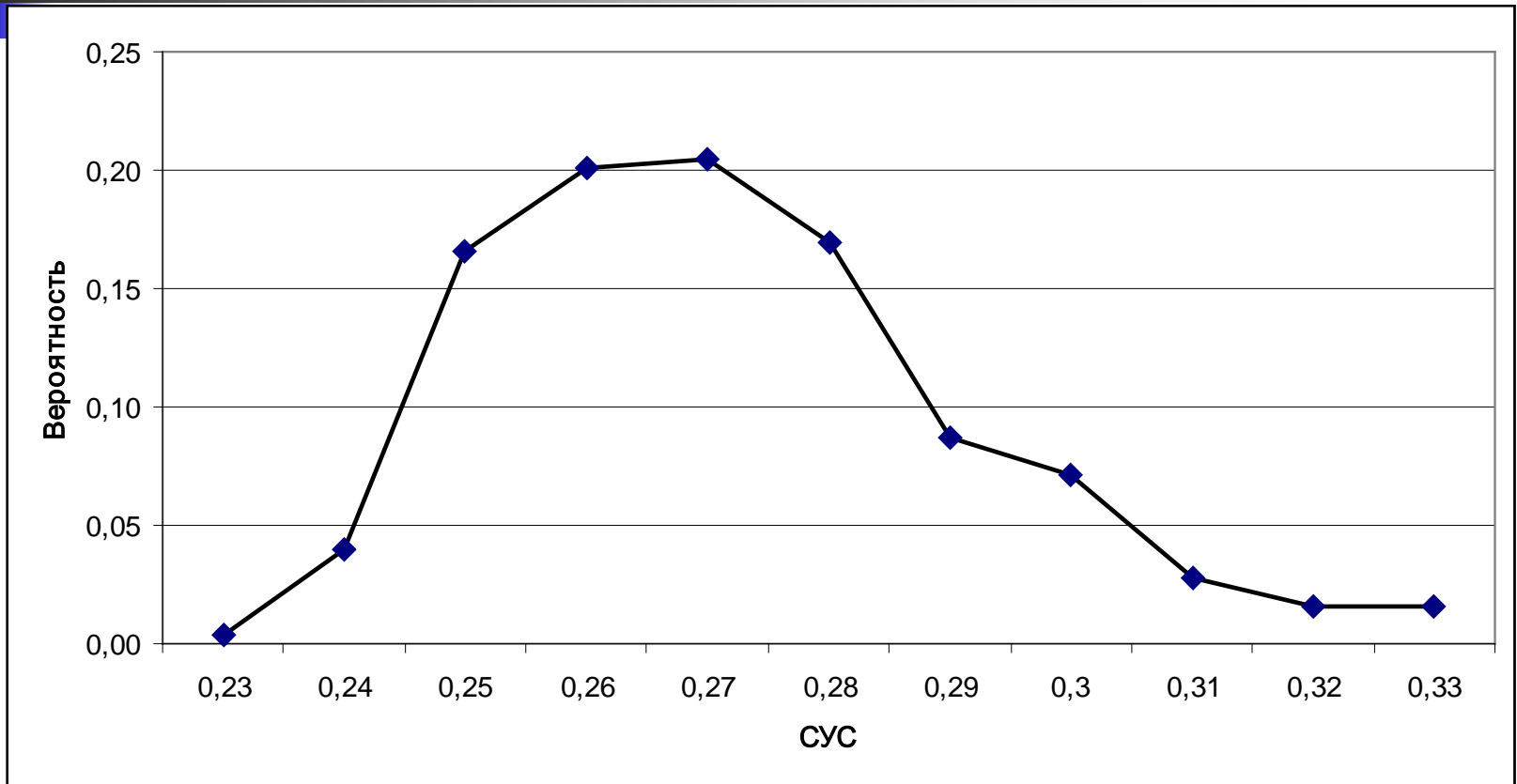
---

Для каждого отведения характерен приблизительно постоянный уровень СУС, длина выборки 5000 точек (10 сек)

# Оптимизация длины выборки для построения индикатора по величине СУС



# Распределение СУС по совокупности отведений, длина выборки 1000



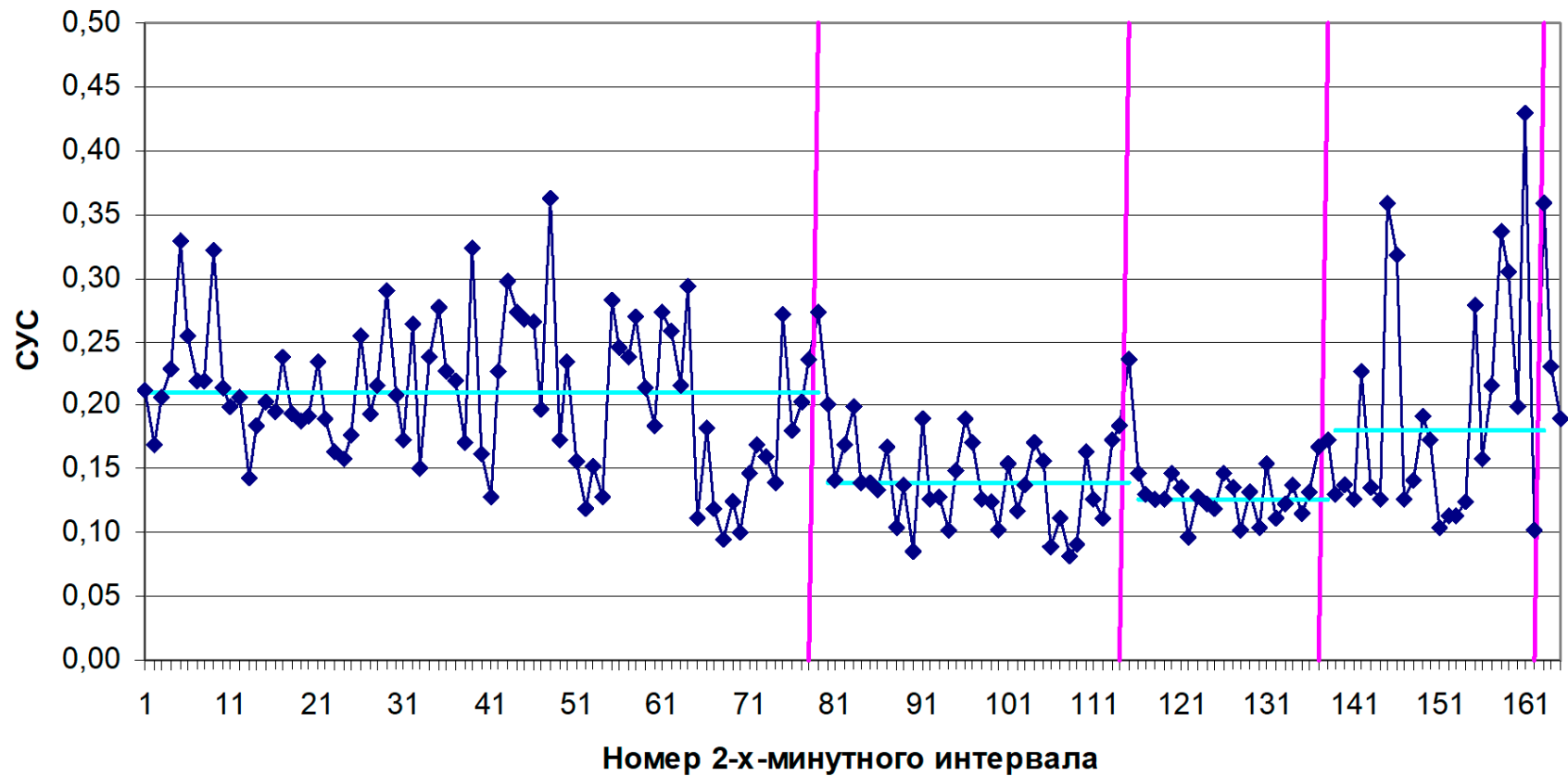
# Распределение промежутков условной стационарности



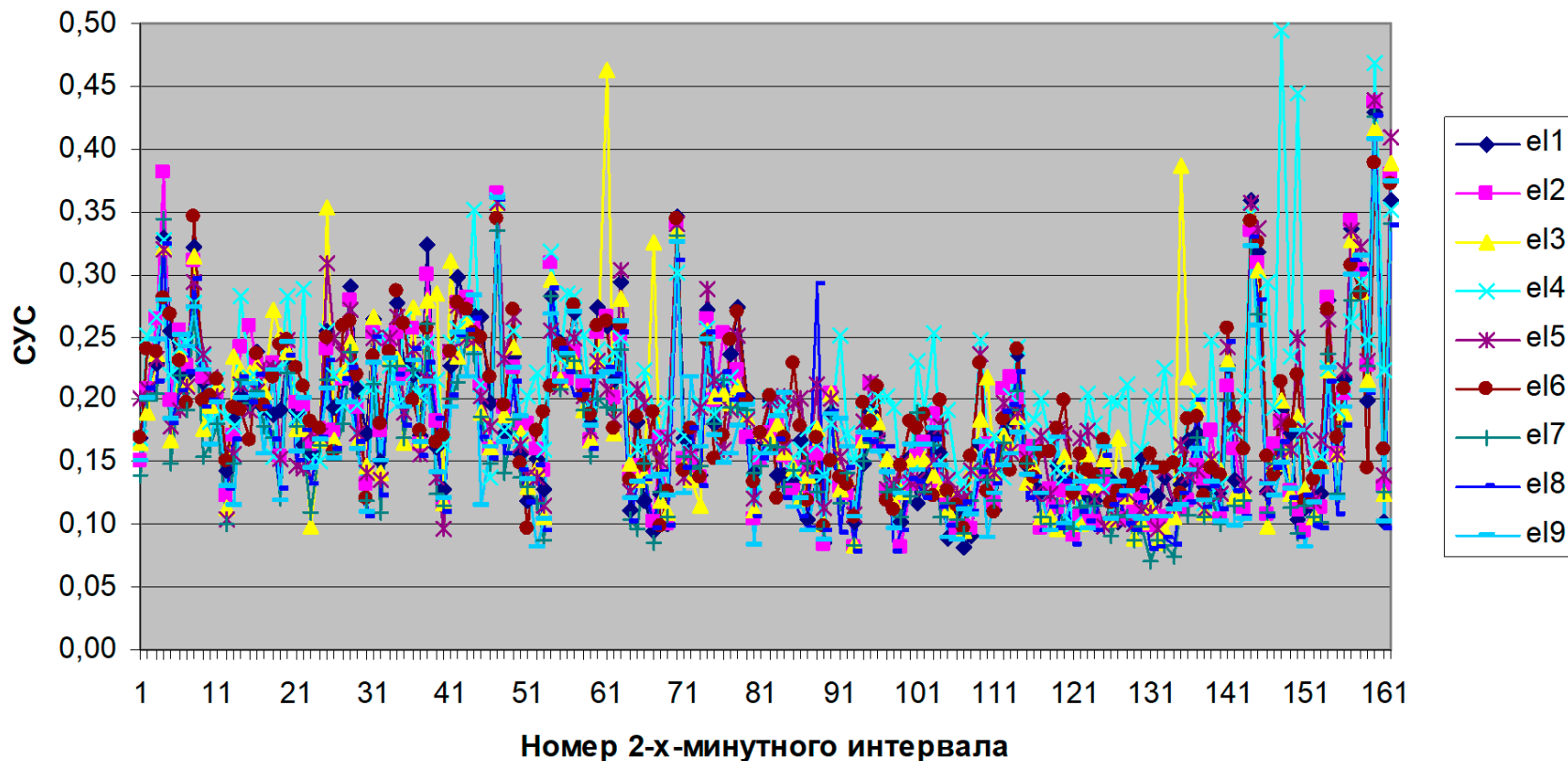
Вероятность того, что между двумя парами встык-выборок длины 1000, различающимися больше чем на СУС, расстояние равно Т



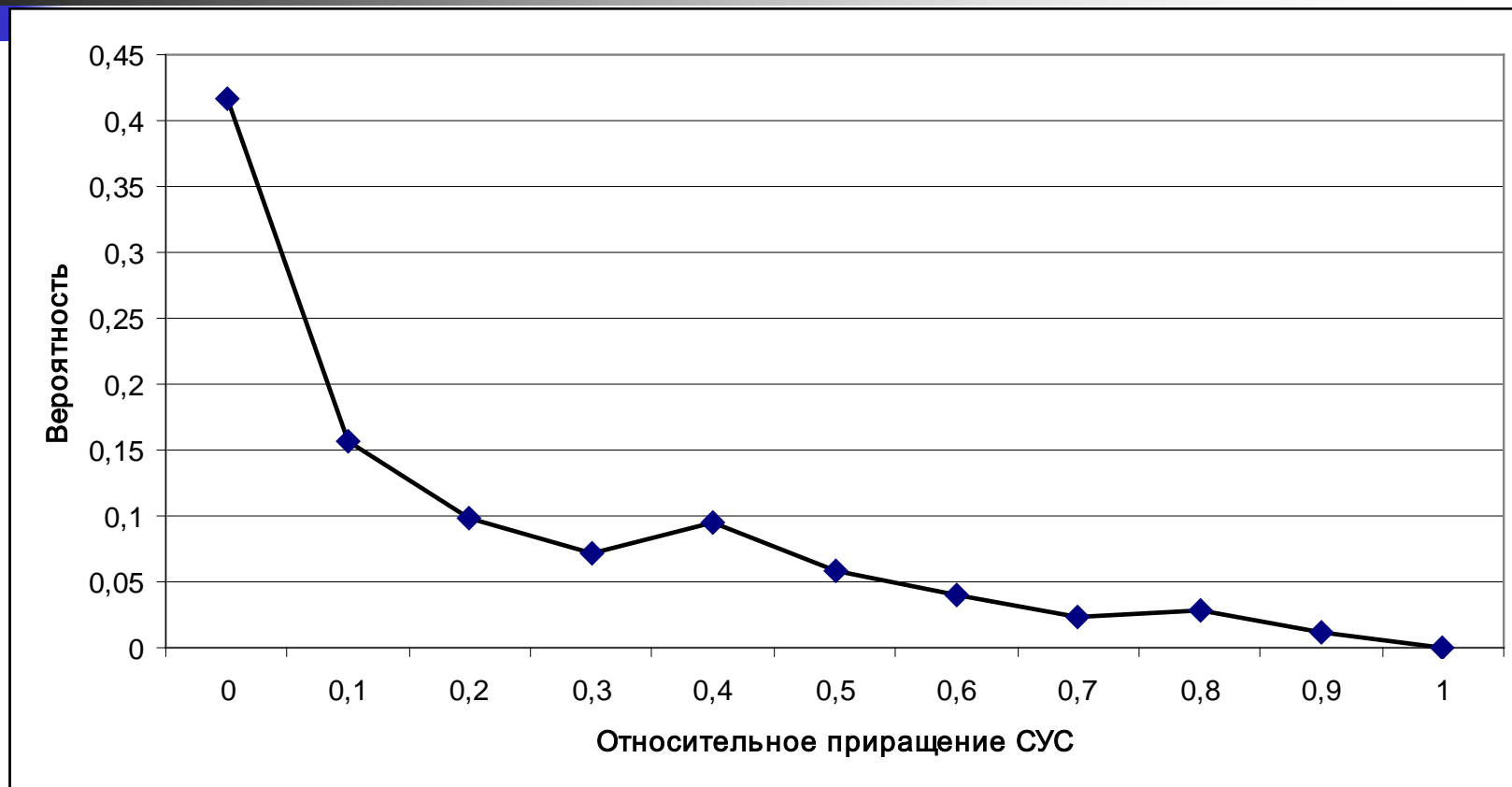
# Пример работы предиктора приступа



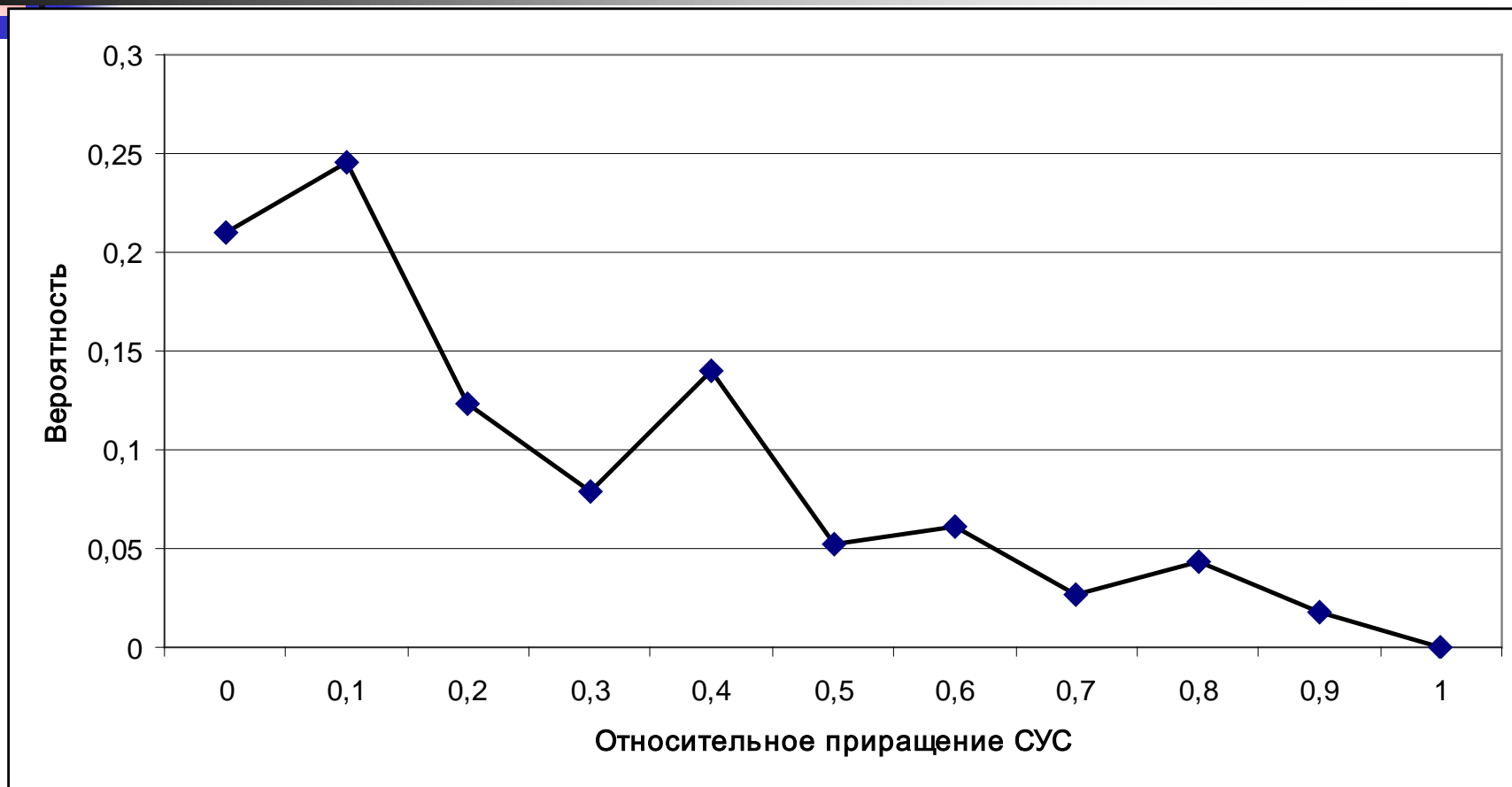
# Предиктор приступа по индикативным отведениям



# Распределение приращения СУС в последние 2 мин по всем отведениям



# Распределение приращения СУС в последние 2 мин по индикативной группе отведений





---

**Спасибо за внимание!**