

# Оптимизация спайковых нейронных сетей

Алексей Чернышев

Аспирант РК 6

Научный руководитель:

д. ф.-м.н Анатолий Павлович Карпенко

МГТУ им. Н.Э. Баумана

*alexey.chernushev@gmail.com*

26 февраля 2016 г.

# Обзор

- 1 Динамические нейронные сети
  - Обзор
  - Проблемы
- 2 Практика
  - Функционал качества
  - Байесовская оптимизация
- 3 Итоги
  - Проделанная работа и публикации

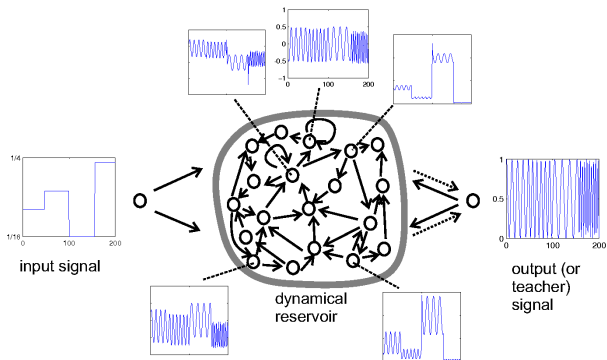
# Динамические нейронные сети

Динамические нейронные сети, также известные как “вычислительные резервуары”, в зависимости от рабочей формы сигнала делятся на два вида:

- ❶ Echo State Networks [1] – непрерывный сигнал
  - Являются логическим продолжением идей классических нейронных сетей (нейрон Маккалока-Питтса)
  - Даже на современных компьютерах можно симулировать только небольшие нейронные сети на небольших данных (высокая связность)
- ❷ Liquid State Machines [2] – пульсирующий (спайковый) сигнал
  - Биологически инспирированные нейронные сети во многом повторяют динамику настоящих нейронов
  - Спайковая форма сигнала позволяет оптимизировать вычисления динамики сети (Событийное моделирование)

# Динамические нейронные сети: основные свойства

- Нелинейная хаотичная динамика, может быть интересна с т.з. вычислительных способностей сети
- Специфичное обучение весов сети, как правило обучение без учителя
- Большой набор гиперпараметров, даже если не включать веса синапсов



Источник: *Herbert Jaeger (2007) Echo state network. Scholarpedia, 2(9):2330*

В сети происходит разложение сигнала на составляющие  
(например частотные)

# Основные проблемы

Проблемы:

- Сложная система с множеством гиперпараметров
- Нет общепринятых функционалов качества работы таких сетей
- Невыводимые производные функционала качества
- Вычисление, а особенно обучение, требовательно к ресурсам

# Функционал качества

Введена метрика которая позволяет оценить качество сепарабельности временных рядов для их классификация на основе соотношения Фишера

Применение такой метрики происходит в три этапа:

- Сглаживание пульсирующей формы сигнала
- Применения ядра, который показывает схожесть двух сигналов
- Вычисление соотношения Фишера: межклассовая ковариация деленная на внутриклассовую

# Функционал качества

## Сглаживающий фильтр

$$\kappa(t) = e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (1)$$

## Ядро

$$K_{ij} = \int_{t_0}^{t_1} \frac{Z^i(t)Z^j(t)}{|Z^i(t)||Z^j(t)|} dt \quad (2)$$

## Соотношение Фишера

$$F = \frac{\text{tr}(S_B^K)}{\text{tr}(S_W^K)} \quad (3)$$



# Оптимизация функционала качества

Теория Ресурсоёмкой Глобальной Оптимизации (*Expensive Global Optimization*[3]) оказывается очень кстати в подобных задачах и решает проблему:

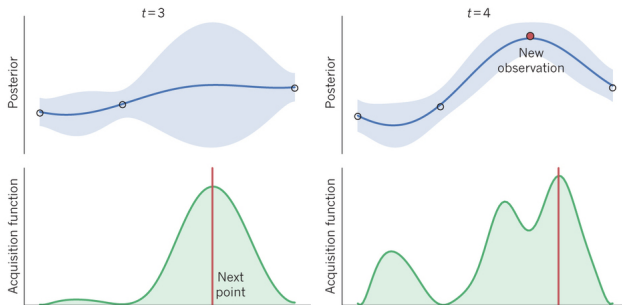
- За минимальное количество вычислений найти максимум “чёрного ящика” – критерия качества системы.

Подобное требование достигается при помощи перевода акцента на суррогатную модель заменяющую исходную функцию. Вычисление точки такой модели является дешевым с т.з. ресурсов компьютера.

# Оптимизация функционала качества

Суррогатная модель задается:

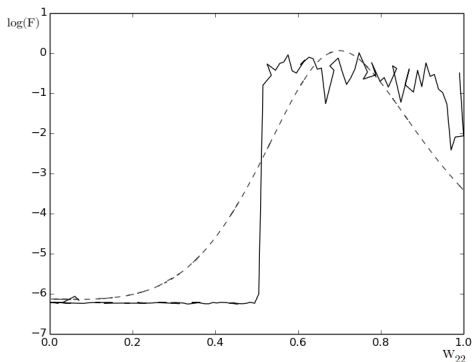
- Ядром, которое определяет степень гладкости функции
- Критериальная функция (*Acquisition function*)



Источник: *Ghahramani Z. Probabilistic machine learning and artificial intelligence*

# Оптимизация функционала качества

Сила рекуррентных связей против качества системы  $\log(F)$



# Итоги

## Проделана работа:

- Создание методики оптимизации динамических нейронных сетей
- Создана инфраструктура для экспериментов

## Публикации за год:

- Карпенко А. П., Кострубин М. С., Чернышев А. С. Эффективность классификации многомерных временных рядов с помощью шейплетов. Наука и образование 2015
- Чернышев А.С., Байесовская оптимизация параметров спайковой нейронной сети для решения задачи классификации временных рядов, Научно практическая конференция НЕЙРОИНФОРМАТИКА 2016  
*//Москва, в процессе ревью*
- Chernyshev A.S., Bayesian Optimization of Spiking Neural Network Parameters to Solving the Time Series Classification Task, FIERCES ON BICA 2016  
*//Moscow in review process*

## Ссылки



Jaeger H. Short term memory in echo state networks. – GMD-Forschungszentrum Informationstechnik, 2001. MLA



Natschläger T., Maass W., Markram H. The "liquid computer": A novel strategy for real-time computing on time series //Special issue on Foundations of Information Processing of TELEMATIK. – 2002. – T. 8. – №. LNMC-ARTICLE-2002-005. – С. 39-43.



Jones, D. R., Schonlau, M., & Welch, W. J. (1998). Efficient global optimization of expensive black-box functions. Journal of Global optimization, 13(4), 455-492.

# Спасибо за внимание