

# Основы практического использования нейронных сетей.

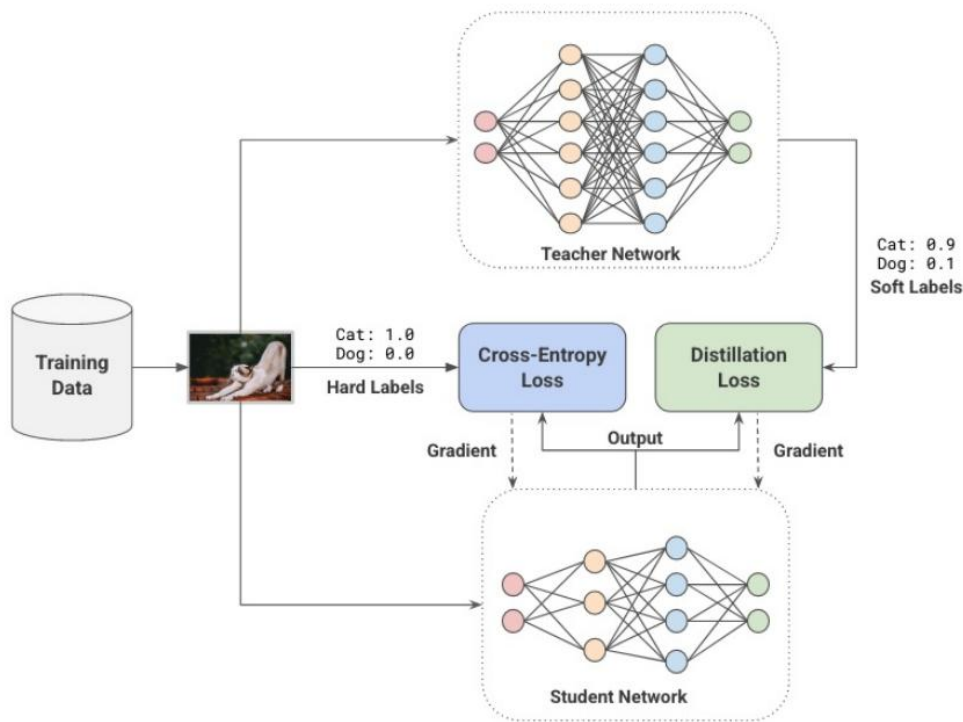
Лекция 5. Разработка эффективных НС.

Дмитрий Буряк.  
к.ф.-м.н.  
dyb04@yandex.ru

# Дистиляция НС

# Дистилляция НС. Основная идея

- ❑ Стратегия обучения на выходы сети «учителя».
- ❑ Сеть «учитель» – «большая» НС/ансамбль НС
- ❑ Сеть «ученик» - целевая сеть, которая должна удовлетворять требованиям на число параметров и вычислительную сложность



# Дистилляция НС. Функция потерь

$$L = \lambda_1 \cdot L_{\text{ground-truth}} + \lambda_2 \cdot L_{\text{distillation}}$$

- ❑  $L_{\text{ground-truth}}$  – базовая функция потерь на основной обучающей выборке .
- ❑  $L_{\text{distillation}}$  – функция потерь относительно выходов сети «учитель».
- ❑ Задание меток относительно результатов сети «учитель»

$$Y_i^{(t)} = \frac{\exp(Z_i^{(t)}/T)}{\sum_{j=1}^n \exp(Z_j^{(t)}/T)}$$

T - температура

$$\begin{aligned} L &= \lambda_1 \cdot L_{\text{ground-truth}} + \lambda_2 \cdot L_{\text{distillation}} \\ &= \lambda_1 \cdot \text{CrossEntropy}(Y, Y^{(s)}; \theta) + \lambda_2 \cdot \text{CrossEntropy}(Y^{(t)}, Y^{(s)}; \theta) \end{aligned}$$

# Автоматизированная настройка гиперпараметров НС

# Гиперпараметры НС

- Параметры НС, которые не настраиваются в процессе обучения.
- Влияют на емкость (способность к обобщению), скорость обучения и объем требуемой памяти НС.
- Параметры, определяющие архитектуру НС (число и размеры слоев)
- Параметры алгоритма обучения

# Определение значений гиперпараметров

## «Ручной»

- требует понимания влияния гиперпараметров на свойства и характеристики сети;
- использование подтверждающей выборки, кроссвалидация.

## Автоматический

- требует большой объем дополнительных вычислений.

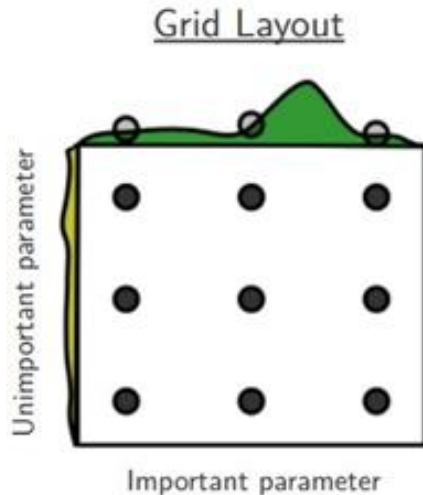
# Автоматический поиск значений гиперпараметров

- ❑ Оптимизация гиперпараметров (Hyper-Parameter Optimization – HPO )
- ❑ Создание «обертки» для тестирования различных наборов значений гиперпараметров и выбора оптимального.
- ❑ Функция оптимизации – значение ошибки на подтверждающей выборке.
- ❑ «Обертка» имеет собственные гиперпараметры.
  
- ❑ Подходы к формированию наборов значений гиперпараметров:
  - регулярный
  - случайный



# Регулярное формирование наборов значений гиперпараметров

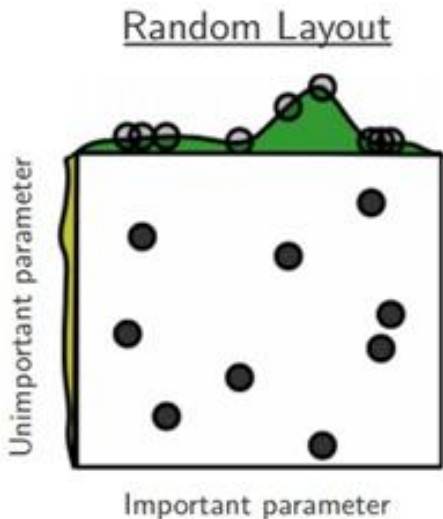
- ❑ Выбор фиксированного числа значений каждого гиперпараметра.
- ❑ Формирование комбинаций выбранных значений.



- ❑ Повторный поиск на границах интервала и на более частой сетке в выбранных областях.
- ❑ Низкая эффективная размерность пространства гиперпараметров.
- ❑ Различная значимость гиперпараметров на емкость НС.
- ❑ Экспоненциальный рост числа вычислений.
- ❑ Эффективен для малого числа гиперпараметров.
- ❑ Хорошо распараллеливается.

# Случайное формирование наборов значений гиперпараметров

❑ Случайный выбор вектора значений гиперпараметров в соответствии с заданным распределением.



❑ Повторный поиск в выбранных областях.

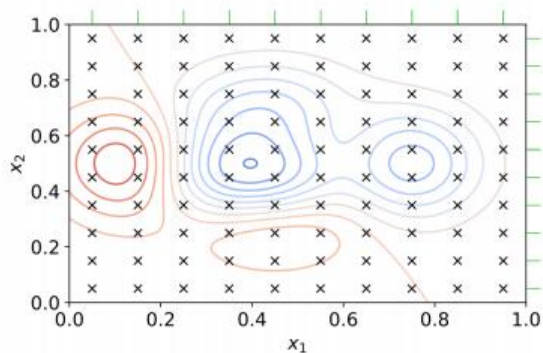
❑ Устойчив к пространствам низкой эффективной размерности.

❑ Более эффективный метод относительно числа требуемых вычислений.

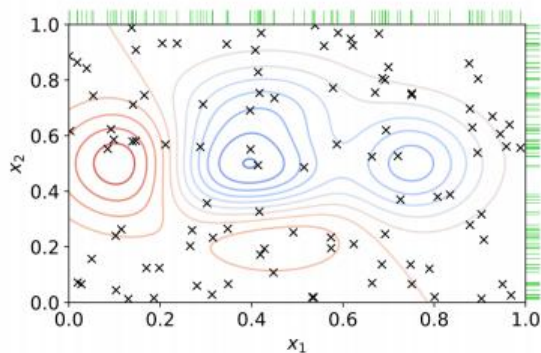
❑ Хорошо распараллеливается.

# Байесовская оптимизация

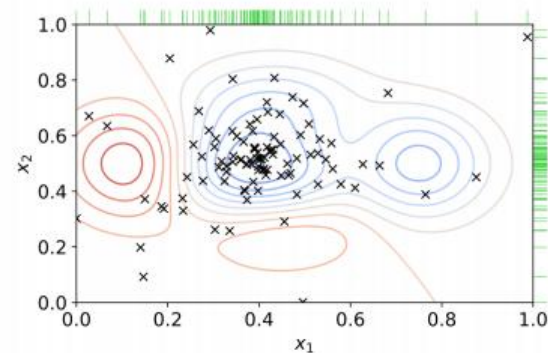
- ❑ Выбор значений для проверки на основе результатов тестирования предыдущих значений гиперпараметров.
- ❑ Построение отдельной функции для выбора значений для проверки.



(a) Grid Search



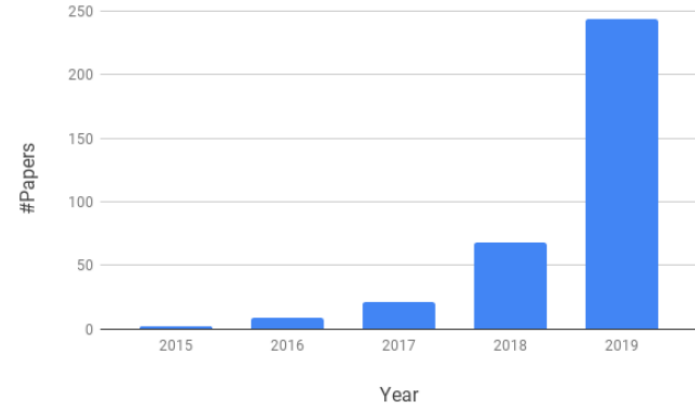
(b) Random Search



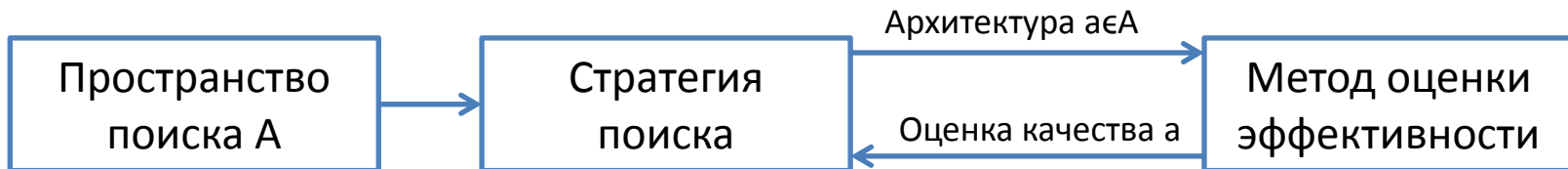
(c) Bayesian Optimization

# Автоматизированный поиск архитектуры НС (1)

- Автоматизированный поиск архитектуры (NAS):
  - Пространство поиска – среди каких архитектур искать.
  - Стратегия поиска – метод поиска (оптимизации).
  - Оценка эффективности – как оценивать качество архитектуры.



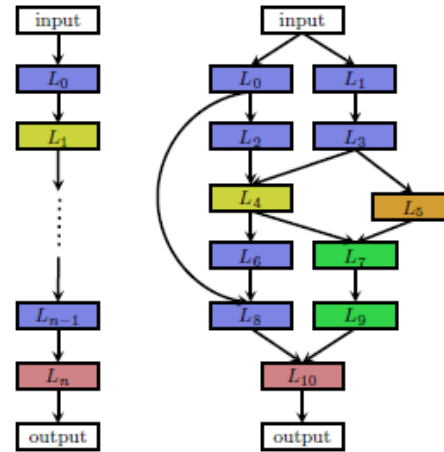
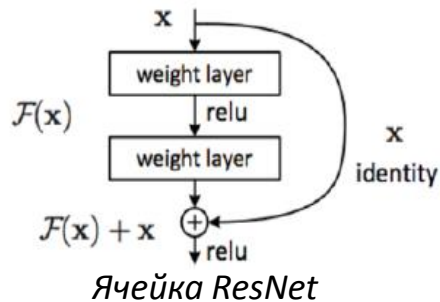
Число статей, посвященных NAS в год  
(M. Lindauer et al. Best Practices for Scientific Research on Neural Architecture Search, 2020)



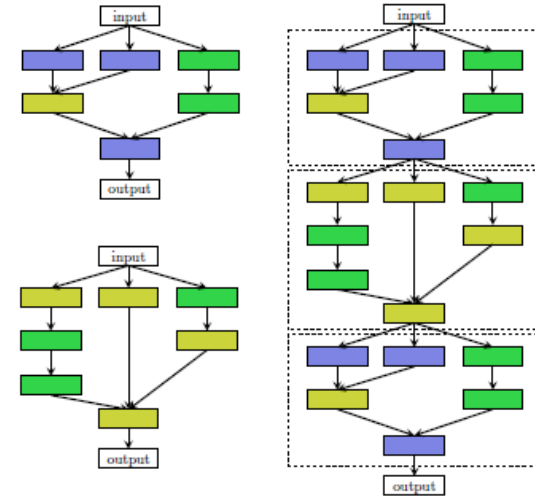
# Автоматизированный поиск архитектуры НС (2)

## □ Пространство поиска

- Пространство сетей со структурой цепочки.
- Оптимизация структуры ячеек (сеть строится из одинаковых ячеек): с сохранением и уменьшением размерности (например, ResNet).



Сети со структурой цепочки



Примеры ячеек и результирующей сети

# Автоматизированный поиск архитектуры НС (3)

## ❑ Стратегия поиска

- Случайный поиск, Байесовская оптимизация, эволюционные методы, обучение с подкреплением, градиентные методы.

## ❑ Оценка эффективности

- Обучить – протестировать.
- Уменьшить число вычислений: ограничить время обучения, размерность и т.п.
- Экстраполяция кривой обучения.
- Инициализация весов на основе протестированных архитектур.
- One-Short Architecture Search – все архитектуры – подграфы суперграфа.

# Примеры алгоритмов

- ❑ NEAT – Neuroevolution of Augmenting Topologies (2002)
  - Для полносвязанных НС.
  - Применение генетических алгоритмов.
  - Кодирования архитектуры НС, реализация операций скрещивания и мутации.
  - Расширения для глубоких НС: DeepNeat, CoDeepNeat.
  
- ❑ DARTS - Differentiable Neural Architecture Search (2019)
  - Поиск «оптимальной» ячейки, НС строится из ячеек.
  - Использование весов уже обученных сетей.
  - Параметризация архитектуры → применение метода градиентного спуска.
  - Вычислительная эффективность ~100х.

# Вопросы

- В чем состоит основная идея дистилляции?
- Почему при оптимизации гиперпараметров случайное формирование наборов значений часто эффективнее чем регулярное (по решетке)?
- Основные элементы NAS?