**Отчет по лабораторной работе № 2**

«Применение многослойной нейронной сети

для аппроксимации функций»

студента: Мандрова А. П. группы: Б21-504. Дата сдачи: 26.04.24

Ведущий преподаватель: оценка: подпись:\_\_\_\_\_\_\_

Вариант № 1

*Цель работы*: изучение математической модели многослойной нейронной сети и решение с её помощью задачи аппроксимации функций.

1. Подготовка данных

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Аппроксимируемая функция | Число  входов | Число выходов | Диапазон изменения аргументов |
|  | 1 | 1 | [-10; 10] |

Формирование обучающей, валидационной и тестовой выборок:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Обучающая | Валидационная | Тестовая | Всего |
| % | 60 | 30 | 10 | 100 |
| Объём выборки | 180 | 90 | 30 | 300 |

График аппроксимируемой функции:

Изображение выглядит как линия, белый, снимок экрана, типография

Автоматически созданное описание

Предобработка данных:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Метод | Параметры метода | Формула расчёта |
| Предобработка входов | Нормализация | IQR |  |
| Предобработка выходов | Отсутствует | - | - |

1. Обучение и тестирование нейронной сети с одним скрытым слоем

Параметры архитектуры сети:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Число входов | Число выходов | Число нейронов в скрытом слое | Функция активации нейронов скрытого слоя | Функция активации выходного нейрона |
| 1 | 1 | 20 | Tanh | Linear  *y* = *h* |

Схема нейронной сети:

Изображение выглядит как диаграмма, линия, круг, зарисовка

Автоматически созданное описание

Параметры обучения:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод обучения | Скорость обучения α | Режим обучения | Функция потерь |
| GD | 0.05 | Batch | Quadratic loss |

Метод инициализации сети: инициализация Хавьера из равномерного распределения

Критерий обучения: *E*(*w*) =

Критерий останова: увеличение значения функции потерь на валидационной выборке на протяжении 500 эпох.

Зависимость выхода *y*(*x*) сети от входа сети (изобразить три графика: до обучения, после обучения и график аппроксимируемой функции):

График аппроксимируемой функции:

Изображение выглядит как снимок экрана

Автоматически созданное описание

Графики зависимости выхода сети:

Изображение выглядит как линия, снимок экрана, График

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как снимок экрана

Автоматически созданное описание

Зависимость выходов *yk*(*x*) нейронов скрытого слоя от входа сети (изобразить на одном графике):

*До обучения* *После обучения*

Изображение выглядит как линия, Красочность, искусство

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как линия, Красочность

Автоматически созданное описание

Зависимость ошибки сети *E*(τ) на обучающей, валидационной и тестовой выборках от времени обучения:

Изображение выглядит как снимок экрана, текст, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

*Отметить на графике начало переобучения (если наблюдается)*

- переобучение не наблюдается

Зависимость синаптических коэффициентов сети *w*(τ) от времени обучения:

*Нейронов скрытого слоя* *Выходного нейрона*

Изображение выглядит как Детское искусство, рисунок, зарисовка, линия

Автоматически созданное описаниеИзображение выглядит как Детское искусство, искусство

Автоматически созданное описание

Показатели качества обученной нейросетевой модели:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Обучающая | Валидационная | Тестовая |
| Макс. абс. ошибка | 0.28 | 0.319 | 0.35 |
| С.к.о. ошибки | 0.173 | 0.199 | 0.255 |
| RMSE | 0.416 | 0.446 | 0.505 |

Обученная нейросетевая модель *~~обладает~~ /****не обладает*** способностью к генерализации данных. Для улучшения качества аппроксимации требуется использовать *сеть ~~с большим числом нейронов~~ / ~~сеть с меньшим числом нейронов~~ /****продолжить обучение имеющейся сети****/ ~~изменить параметры метода обучения~~ / ~~изменить критерий останова~~ / ~~изменить режим обучения~~ / ~~обучить сеть заново из другой начальной точки~~.*

1. Улучшение качества аппроксимации

Параметры архитектуры сети:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Число входов | Число выходов | Число нейронов в скрытом слое | Функция активации нейронов скрытого слоя | Функция активации выходного нейрона |
| 1 | 1 | 20 | Tanh | Linear  *y* = *h* |

Параметры обучения:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод обучения | Скорость обучения α | Режим обучения | Функция потерь |
| GD | 0.05 | Batch | Quadratic loss |

Метод инициализации сети: использование параметров, полученных после прошлого обучения.

Критерий останова: увеличение значения функции потерь на валидационной выборке на протяжении 500 эпох.

Показатели качества обученной нейросетевой модели:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Обучающая | Валидационная | Тестовая |
| Макс. абс. ошибка | 0.052 | 0.066 | 0.06 |
| С.к.о. ошибок | 0.004 | 0.007 | 0.005 |
| RMSE | 0.063 | 0.084 | 0.071 |

Выводы:

1. после первого цикла обучения нейронная сеть не обладала способностью к генерализации данных. Предположительно причина в том, что веса и смещения не всех нейронов скрытого слоя “достаточно обучились”.
2. После продолжения обучения нейронной сети ошибки на всех выборках данных снизились в ~10 раз.
3. Итоговая сеть обладает способностью к генерализации данных.