УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Курсовой проект по машинному обучению

Milestone

Максим Слюсаренко, Виктор Шатров, Григорий Шовкопляс

Постановка задачи

- Выбрать и реализовать алгоритм для распознавания рукописных цифр
- Сравнить результаты с другими существующими алгоритмами

Dataset

- Dataset MNIST
- Самый известный Dataset с рукописными цифрами
- Training set на 60000 элементов
- Test set на 10000 элементов

Известные алгоритмы решения задачи. Линейный классификатор

1. Самый простой метод
2. При этом естественно, что самый неточный
3. Одноуровневый перцептрон получает 8.4% ошибок
4. Попарный линейный классификатор получает 7.6% ошибок

Известные алгоритмы решения задачи. Метод KNN

1. Метод K ближайших соседей
2. Самая простая реализация получает 5% ошибок
3. Самая лучшая реализация с нелинейной деформацией получает 0.52% ошибок

Известные алгоритмы решения задачи. Нейронные сети

1. Нейронные сети от 2 до 6 слоев
2. Получают от 0.35 до 4.7 % ошибок в зависимости от количества слоев, функции потерь и других настроек

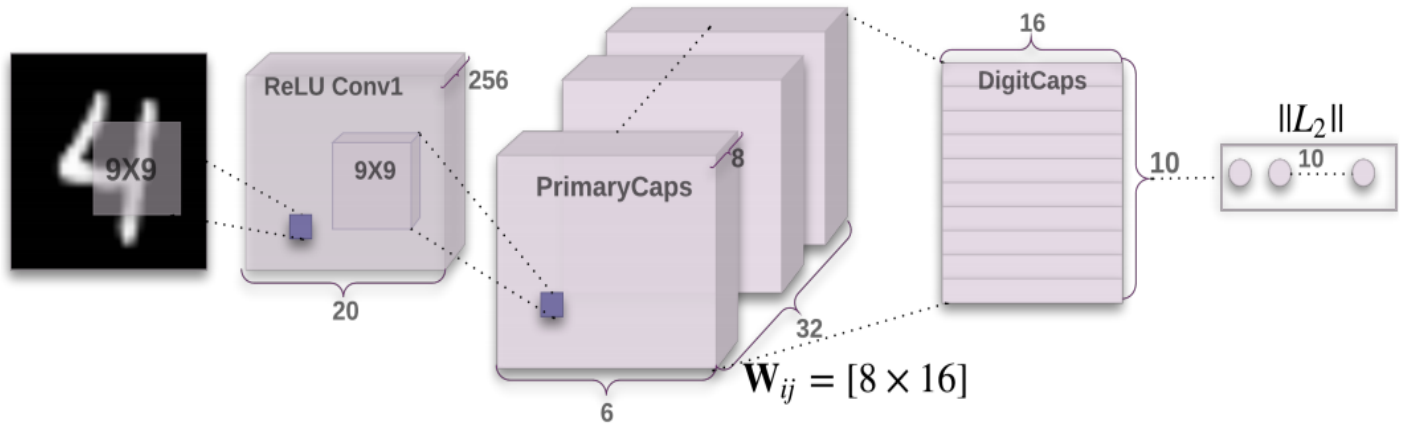
Известные алгоритмы решения задачи. Сверточные нейронные сети

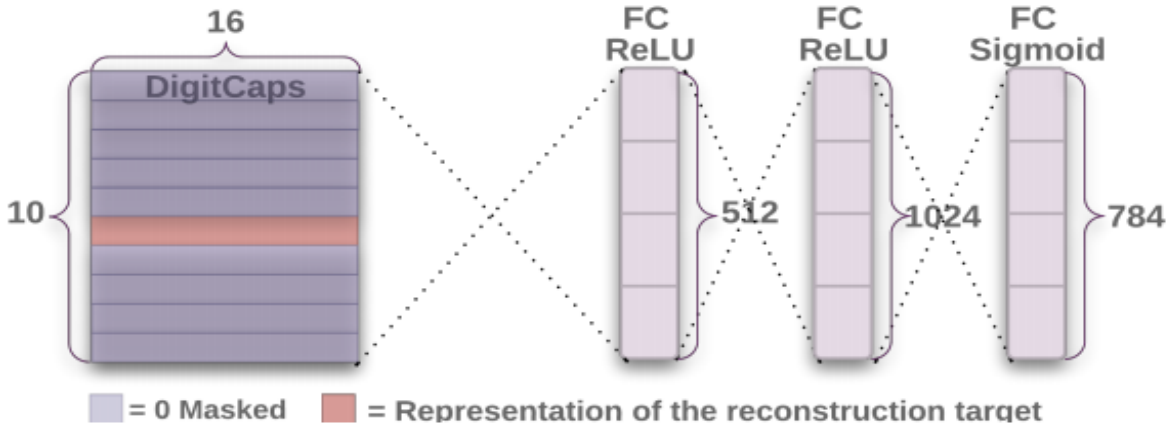
1. Сверточные нейронные сети с различной архитектурой и различным количеством слоев
2. Получают от 0.23 до 1.7 % ошибок
3. Некоторые алгоритмы требуют нормализации по ширине

Что хотим использовать для решения задачи?

- Капсульные нейронные сети
- Используют немного другую архитектуру по сравнению с обычными или сверточными нейронными сетями
- Более подробное описание в следующих слайдах

Капсульные нейронные сети. Архитектура





Капсульные нейронные сети. Глобальное описание

- Сначала просто происходит свертка, чтобы получить из картинки матрицу признаков
- Потом по матрице признаков делается много сверток и получаем слой из 32 сверток
- Каждая капсула возвращает не единственное число, как нейрон, а некоторый вектор
- При соединении двух капсульных слоев происходит процедура Dynamic Routing
- По последнему слою происходит обучение, чтобы длина правильного вектора была как можно больше, а длины неправильных векторов как можно меньше

Капсульные нейронные сети. Dynamic Routing

- Идея состоит в том, чтобы за несколько итераций выделить капсулы предыдущего уровня, которые сильнее всего влияют на результат, то есть попадают ближе к центру текущей капсулы, после чего дать им больше веса в будущем
- Алгоритм:

Procedure 1 Routing algorithm.

procedure ROUTING($\hat{\boldsymbol{u}}_{j|i}, r, l$)
  for all capsule i in layer l and capsule j in layer $(l+1)$: $b_{ij} \leftarrow 0$.
  for r iterations **do**
    for all capsule i in layer l: $\mathbf{c}_i \leftarrow \texttt{softmax}(\mathbf{b}_i)$ ▷ `softmax` computes Eq. 3
    for all capsule j in layer $(l+1)$: $\mathbf{s}_j \leftarrow \sum_i c_{ij} \hat{\mathbf{u}}_{j|i}$
    for all capsule j in layer $(l+1)$: $\mathbf{v}_j \leftarrow \texttt{squash}(\mathbf{s}_j)$ ▷ `squash` computes Eq. 1
    for all capsule i in layer l and capsule j in layer $(l+1)$: $b_{ij} \leftarrow b_{ij} + \hat{\mathbf{u}}_{j|i}.\mathbf{v}_j$
  return $\mathbf{v}_j$

Капсульные нейронные сети. Формулы в алгоритме Dynamic Routing

- 4 строка:
  $c_{ij} = \frac{exp(b_{ij})}{\sum exp(b_{ik})}$
- 6 строка:
  $v_j = \frac{||s_j||^2}{1+||s_j||^2} \frac{s_j}{||s_j||^2}$
- Значение $\hat{u}_{j|i}$ вычисляется перемножением выхода предыдущего шага на матрицу весов W_{ij} следующим образом:
  $\hat{u}_{j|i} = W_{ij} u_i$

Капсульные нейронные сети. Loss Function

- Оптимизируется следующая функция:
  $L_c = T_c max(0, m^+ - ||v_c||)^2 + \lambda(1 - T_c)max(0, ||v_c|| - m^-)^2$
- В этой функции $T_c = 1$ тогда и только тогда, когда цифра класса c присутствует
- $m^+ = 0.9$
- $m^- = 0.1$
- $\lambda = 0.5$

Капсульные нейронные сети. Заключение

- Утверждается, что данный алгоритм превосходит сверточные нейронные сети за счет того, что не происходит стадии max pool, на которой убирается информация, чтобы уменьшить размерность
- Также утверждается, что при некотором повороте входных данных, данный алгоритм работает проще и интуитивно понятнее, чем сверточные нейронные сети

Наши результаты

- Процент ошибок на MNIST = 1 %
- Не такой большой процент, так как обучали сравнительно небольшое время
- Код на github = https://github.com/MaximSlyusarenko/capsNet

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Спасибо за внимание!