

# mxnet 笔记

徐世桐

## 1 imports

```
from mxnet import
from mxnet.gluon import
from d2lzh import show_bboxes
```

## 2 NDArray

```
from mxnet import nd
x = nd.arange(12) // 创建一个长度为 12 的行向量，类型为 NDArray 12
x.shape // 返回 (m, n)，代表 x 为 m 行 n 列矩阵。对于向量，行数或列数不存在
x.size // 返回矩阵中元素个数
x.reshape((m', n'))
```

更改 x 的 shape，元素按行填写进新张量。如果  $n' * m' < \text{原元素数}$ ，多余元素被舍弃。如果  $n' * m' > \text{原元素数}$ ，报错

当二次 resize，使用与开始定义 x 的 size，而非上一次 resize 后舍弃部分值的 x.size

```
x.reshape((-1, n')) x.reshape((m', -1))
```

当  $m', n' = -1$ ， $m' = \lfloor \frac{x.size}{n'} \rfloor$ ， $n'$  同理

当  $m', n'$  为空，reshape 成向量

```
nd.zeros((v1, v2, v3, ..., vn))
```

创建一个张量，类型仍为 NDArray。有  $v_1$  个子张量，每个子张量分别有  $v_2$  个子张量。最后一层张量有  $v_n$  元素，每一元素都为 0。

张量同样可以 reshape，reshape 结果只能是矩阵或向量

```
nd.ones((v1, v2, v3, ..., vn)) // 所有元素为 1 的张量
```

```
nd.array(...)
```

得到 python list 类型的矩阵，返回 NDArray 类型的矩阵

输入可以是 python 常数，但随后计算会报错

```
nd.random.normal( $\mu, \sigma$ , shape=(v1, v2, v3, ..., vn))
```

随机生成张量，元素值  $\sim N(\mu, \sigma)$

$X + - * / Y$

张量 element-wise 操作

当 X Y 维数不同时, 广播 broadcast 机制先将 X, Y 按行或列复制成维数一样的张量, 随后 element-wise 操作

`X.exp()` // 张量 element-wise 取指数

`X.relu()` // 对每一 X 元素使用 relu 激发函数

`nd.dot(X, Y)` // 矩阵乘法

`nd.concat(X, Y, dim=n)`

在第 n 纬度将矩阵 concat, 除此纬度其余所有纬度必须完全一样

`X == Y`

elementwise 比较张量元素, 纬度必须相同

`X.sum()` // 所有元素和

`X.sum(axis=n, keepdims=True/False)`

对张量第 n 维的数据求和

keepdims 时 shape 转换:  $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, v_{n+1}, \dots \rightarrow v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, 1, v_{n+1}, \dots$

否则, shape 转换:  $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, v_{n+1}, \dots \rightarrow v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_{n+1}, \dots$

例:  $n=0$ , 对列求和  $n=1$ , 对行求和

`X.argmax(axis=n, keepdims=True/False)`

找到给定维度中最大元素的 index, shape 转换同上

算法: 对张量  $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}, v_n, v_{n+1}, \dots$

结果张量包括一个  $v_1, v_2, \dots, v_{n-1}$  张量

每一元素张量为原张量  $v_n$  维中所有张量的 element wise 比较结果。shape 为  $v_{n+1}, \dots$ , 其中每一元素为一 index, 标记  $v_n$  维中此位置最大元素值所在的张量 index

`X.norm()`

得到仅包含一元素的矩阵, 元素值为 2-norm

可以对张量取 2-norm

`X.asscalar()` // 如果 X 仅包含一元素, 输出此元素值

`X[v1, v2, v3, ..., vn]`

index 取值操作, 同 `X[v1][v2][v3]...[vn]`

当  $v_i$  为  $n:m$  时, 代表范围  $[n, m)$

`X.asnumpy()` // 转换成 python list

`nd.stack(x1, x2, ...)` // 根据提供的子张量, 构造高维的张量 `nd.add_n(x1, x2, ...)` // 多个 NDAarray 相加, 等同  $x_1 + x_2 + \dots$

`func(*[elem, elem, ...])`

在函数输入中, 当函数得到多个元素, 调取方法为 `func(elem, elem, ...)`。使用 \* 将 list 转换成分隔的参数输入

`from d2lzh import plt`

`plt.scatter(array_x, array_y, 1)`

描点, array\_x, array\_y 为 python list

`nd.save('FILE_NAME', X)`

存储 NDAarray 数据, 存入 FILE\_NAME 文件中

X 可为 NDArray, [NDArray] 数组, KEY: NDArray, ... 字典

读取: `X = load('FILE_NAME')`。读取 NDArray 和 [NDArray] 时返回类型都为 list

### 3 训练

```
from mxnet import autograd
```

```
x.attach_grad() // 为自变量 x 的  $\frac{d}{dx}$  项分配内存
```

```
with autograd.record():
```

因变量 = 关于 x 的表达式

- 关于 x 的表达式可以为一个自定义 function, 不需要是一个连续的数学函数

- 自定义函数必须将所有使用的变量包括在 def 输入变量中, 不可使用全局变量。const 仍可使用全局变量

- 当变量为另一函数的结果, 计算另一函数的步骤需放进 with 中, 不能在 with scope 外计算完 with 内调取

```
因变量.backward()
```

- 定义 x 的表达式, 并计算表达式在 x 内每一元素值上的斜率, 对应斜率矩阵存在 x.attach\_grad() 分配的内存中

- 当使用多组 sample, 因变量为向量。此时 backward 等同于因变量.sum().backward()

```
x.grad // 调取斜率矩阵
```

```
autograd.is_training() // 在 autograd.record() 内返回 true, 否则返回 false
```

### 4 使用 neural network 模型训练

```
from mxnet.gluon import nn
```

```
from mxnet import init
```

```
from mxnet.gluon import loss as gloss
```

```
net = nn.Dense(2, IN_UNITS, ACTIVATION)
```

创建一个全连接层, 包含 2 个节点

IN\_UNITS = in\_units=N 避免延后初始化。定义输入变量数, 使得 net 在调用 initialize() 后即有权重矩阵, 否则需要一次 forward 后才能访问权重矩阵

ACTIVATION = activation='relu' 定义激发函数

```
net = nn.Sequential() // 创建一个神经网络模型, 不包含任何 layer
```

```
net.add(nn.Dense(...), nn.Dropout(PROB), ...)
```

add 中可同时包含多个层

nn.Dropout() 为丢弃法使用的丢弃层。定义前一层的权重有 PROB 几率被清零, 1-p 几率被拉伸

```
net.initialize(INIT, FORCE_REINIT)
```

初始化层内的参数, 随后调用 net(X) 得到全连接层对输入矩阵 X 的输出

INIT = init.Normal(sigma=0.3) 初始化整个神经网络, 对每一层调用 initialize。所有权重  $\sim N(0, 0.3)$ , 所有偏差值 = 0

INIT = init.Xavier() 使用 Xavier 随机初始化

FORCE\_INIT = force\_init = True 强制初始化参数, 不论参数有没有被初始化过

对 `nn.Dense()` 和 `nn.Sequential()` 创建的 `net` 都可调用, 用法一样

`net[i].params`  
访问第 `i` hidden layer 的权重偏差值。  
返回类型为 `ParameterDict`, 可通过 `['KEY']` 分别得到权重和偏差

`net[i].weight`  
直接访问权重  
`net[i].weight.data()` 得到 `NDArray` 类型的权重矩阵

`loss = gloss.L2Loss()`  
定义损失函数为平方损失函数, `loss` 为一函数

`trainer = gluon.Trainer(net.collect_params(NAME), 'sgd', 'learning_rate': 0.03, WD)`  
定义每一步优化函数, 使用 `sgd` 梯度下降  
`NAME` 无定义, 则同时训练权重  
    `NAME = '.*weight'`, 只训练权重  
    `NAME = '.*bias'`, 只训练偏差  
`WD` 无定义, 则不使用权重衰减  
    `WD = wd:'wd'`, 使用权重衰减

`dataset = gdata.ArrayDataset(features, labels)`  
`data_iter = gdata.DataLoader(dataset, batch_size, shuffle=True, num_workers)`  
按批量读取数据, `num_workers` 代表使用的额外处理器数, 0 代表没有额外处理器

`trainer.step(batch_size)`  
调用优化函数, 取 `batch_size` 个 sample 做一步训练

`l = loss(net(features), labels)`  
调用 `loss` 函数

## 5 自定义 class 形式的 neural network

```
class CLASS_NAME(nn.Block):
    def __init__(self, **kwargs):
        super(NySequential, self).__init__(**kwargs)
        // 初始化 class

        self.weight = self.params.get('weight', shape=(., .))
        // 通过系统定义的 params 生成类型为 parameterDict 的参数矩阵

    def add(self, block):
        self._children[block.KEY] = block
        // 加入一个 layer, 使用 layer 的一个 key 做 index 标注此 layer 存在哪一层
        // 例: layer 为 nn.Dense(2, activation='relu')

    def forward(self, x):
        for block in self._children.values():
```

```

        x = block(x)
        return x
// forward 写法, 调用 net(X) 等同于调用 net.forward(X)
class INIT_NAME(init.Initializer):
    def _init_weight(self, name, data):
        (对 data 更改值的函数)
net.initialize(INIT_NAME)
    使用定义的函数初始化权重偏差

```

## 6 图像分类数据集 fashion-MINST

```

from mxnet.gluon import data as gdata
mnist_train = gdata.version.FashionMINST(train=True)
    得到数据集, train=True 为训练数据集, 否则为测试训练集
features, label = mnist_train[i:j]
    得到一个或多个 sample
    features 为 (j-i, 28, 28, 1) 的张量, 类型为 NDArray
from d2lzh import show_fashion_mnist
show_fashion_mnist(features, ['label1', 'label2'])
    打印图片, 显示图片仍使用 plt.show()
    features 必须包含多余一个图片矩阵, 否则报错

```

## 7 图片显示 操作

```

from mxnet import image
d2lzh.set_figsize() // 定义画布为 400 x 500 画布为 plt
img = image.imread('FILE_PATH') // 定义图片
fig = d2lzh.plt.imshow(img.asnumpy()) // 显示图片
aux = gdata.vision.transforms.
    RandomFlipLeftRight() //0.5 几率对图片左右翻转
    RandomFlipTopBottom() //0.5 几率上下翻转
    RandomResizedCrop((WIDTH, HEIGHT), SCALE, RATIO)
        WIDTH, HEIGHT 定义输出图片的 * 宽高 *
        scale=( $S_{min}$ ,  $S_{max}$ )  $0 < S_{min}, S_{max} \leq 1$  输出图像面积最小为原图  $S_{min}$ , 最大原图  $S_{max}$ 
        ratio=( $R_{min}$ ,  $R_{max}$ )  $R_{min} < \text{输出图像 宽高比值} < R_{min}$ 
    RandomBrightness(P)
        调整亮度, 新亮度在 原亮度  $(1 \pm P)$  范围内
    RandomHue(0.5) // 调整色调
    RandomColorJitter(brightness=0.5, contrast=0.5, saturation=0.5, hue=0.5)
        同时调整亮度 对比度 饱和度 色调

```

```
Compose([AUX1, AUX2, ...]) // 叠加多个转换
img = aux(img) // 使用 aux
rect = d2lzh.plt.Rectangle(xy=(X, Y), WIDTH, HEIGHT, FILL, EDGE_COLOUR, LINEWIDTH)
fig.axes.add_patch(rect)
    在图像上添加矩形框
    FILL 为 boolean 值, 图像是否填充
    EDGE_COLOUR 为 string, 代表边框颜色
from mxnet import contrib
Y = contrib.nd.MultiBoxPrior(NDArray, SIZES, RATIOS)
    SIZES = sizes=( $s_1, s_2, \dots, s_n$ ) python 数组
    RATIOS = ratios= $r_1, r_2, \dots, r_m$  python 数组
目的:
    得到坐标代表锚框, 包括  $(s_1, r_1), (s_1, r_2), \dots, (s_1, r_m), (s_2, r_1), \dots, (s_n, r_m)$  共  $n + m - 1$  个锚框类型
    reshape 成 (高, 宽, -1, 4)
    4 代表每一锚框由左上和右下坐标表示, 坐标为占宽高比, 非像素值
    此时访问 [h, w, :, 4] 得到中心点在 (h, w) 的所有锚框坐标
show_bboxes(AXES, BBOXES, LABELS, COLORS)
    AXES = fig.axes 传入添加进的图片 axes
    BBOXES (n, 4) 形状 NDArray, 每一 4 元素 NDArray 表示一锚框右上左下坐标
    LABELS python string 数组, 长度为 n, 对应 BBOXES 个数
    COLORS = 'k' 颜色为黑, 为空则使用默认不同颜色
```

## 8 convolutional network 卷积神经网络

```
CONV_2D = nn.Conv2D(CHANNEL_NUM, KERNEL_SIZE, PADDING, STRIDE)
- 定义一卷积层
- CHANNEL_NUM = 整数, 定义输出通道数
- KERNEL_SIZE = kernel_size = (., .) 定义 kernel 的 shape
    kernel=N 等同 kernel=(N, N)
- PADDING = padding=(n, m) 输入矩阵上下分别添加 n 行, 左右分别添加 m 列全零元素
    padding=N 等同 padding=(N, N)
- STRIDE = stride=(n, m) 横向移动步幅为 n, 纵向步幅为 m
    stride=N 等同 stride=(N, N)
CONV_2D.weight.data[:] = ... * CONV_2D.weight.grad()
    优化函数写法。若输出矩阵计算由对每一元素赋值得到, 无法使用自动求斜率
    使用的输入输出矩阵 shape: (批量大小, 通道数, 行数, 列数)
nn.MaxPool2D(SHAPE, PADDING, STRIDE)
    SHAPE = (n, m) 或 N 定义池化窗口 shape
    PADDING, STRIDE 同 kernel
```