

# mxnet 笔记

徐世桐

## 1 imports

```
from mxnet import init, image, autograd
from mxnet.gluon import nn, model_zoo, data, loss
from d2lzh import show_bboxes, show_fashion_mnist
```

## 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
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

所有 (n,) 形状点乘时看做列向量，否则和 (n, 1) 矩阵用法不同

(n, 1) 矩阵和 (n,) 向量计算非元素计算

```
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 reshape，使用与开始定义 x 的 size，而非上一次 reshape 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  $\sim N(\mu, \sigma)$

```
nd.random.uniform(low, high, shape=(v1, v2, v3, ..., vn))
```

`X + - * / Y`

张量 element-wise 操作

当 X Y 维数不同时, 广播 boardcast 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[Y]`

将 Y 中所有元素作为 index, 在 X 中寻找对应元素替换进张量 Y 对应位置

`X.transpose((d0, d1, ...))`

转置张量, 改变张量的 shape, 第一维在原 X 的 d<sub>0</sub> 维上遍历元素, 第二维在原 X 的 d<sub>1</sub> 上遍历

`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 NDArray 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 NDAarray, [NDAarray] 数组, KEY: NDAarray, ... 字典
读取: X = load('FILE_NAME')。读取 NDAarray 和 [NDAarray] 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' 定义激活函数
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

`net[i].bias` // 得到偏差值, `.data()` 得到 `NDArray` 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, last_batch='discard', 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

`last_batch='discard'` 当不能将数据集等分进批量中时, 忽略余下数据集

`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-MNIST

```
from mxnet.gluon import data as gdata
mnist_train = gdata.vision.FashionMNIST(train=True)
    得到数据集, train=True 为训练数据集, 否则为测试训练集
    数据集传入 gdata.DataLoader() 得到批量化的训练参数
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
show_images(IMGs, Y, X)
    同时显示多个图片, IMGs 为一 python 数组的 img
    Y X 指定输出的图片行数 列数, X Y 都不为 1, 否则无法创建 subplot, 报错
feature, label = voc_rand_crop(FEATURE, LABEL, HEIGHT, WIDTH)
    FEATURE LABEL 都为 img
    随机选取 FEATURE 和 LABEL 中 (HEIGHT, WIDTH) 大小的一部分像素, 作为 feature label 两个
img 返回
    feature label 坐标位置相同, 如分别为 FEATURE LABEL (10, 20) 像素位置开始的图片
voc_img_set = VOC_SegDataset(IS_TRAIN, CROP_SIZE, VOC_DIR, COLORMAP2LABEL)
    将 VOC 图像集合封装进 python 类, VOC_SegDataset extends gdata.DataSet. 可以直接调用 gdata.DataLoader(
...)
```

IS\_TRAIN = is\_train=True 类包含的是测试还是训练集合  
 CROP\_SIZE = (h, w) 图像预处理得到的随机小图大小  
 VOC\_DIR = '/path...' VOC2012 文件夹所在位置  
 COLORMAP2LABEL 为 python 1 维数组, 记录  $256^3$  种颜色对应的标签 index  
 conv\_trans = nn.Conv2DTranspose(通道数, kernel\_size=4, padding=1, strides=2)  
 conv\_trans.initialize(init.Constant(bilinear\_kernel(CHANNEL\_NUM\_IN, CHANNEL\_NUM\_OUT=conv\_trans  
 通道数, kernel\_size=4)))

初始化转置卷积层

## 8 convolutional network 卷积神经网络

CONV\_2D = nn.Conv2D(CHANNEL\_NUM, KERNEL\_SIZE, PADDING, STRIDE, ACTIVATION)  
 - 定义一卷积层  
 - CHANNEL\_NUM = channels = 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 = strides=(n, m) 横向移动步幅为 n, 纵向步幅为 m  
   strides=N 等同 strides=(N, N)  
 - ACTIVATION = activation='relu' 使用 relu 激活函数, 'sigmoid' 使用 sigmoid 激活函数  
 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 = pool\_size=(n, m) 或 =N, 定义池化窗口 shape  
   PADDING, STRIDE 同 kernel  
 nn.AvgPool2D(SHAPE, PADDING\*, STRIDE\*)