深度学习

Tensorflow

DAY04

Tensorflow概述

Tensorflow简介

什么是Tensorflow

- TensorFlow由谷歌人工智能团队谷歌大脑（Google Brain）开发和维护的开源深度学习平台，是目前人工智能领域主流的开发平台，在全世界有着广泛的用户群体。

知识讲解

Tensorflow的特点

知识讲解

- 优秀的构架设计，通过“张量流”进行数据传递和计算，用户可以很容易地、可视化地看到张量流动的每一个环节
- 可轻松地在CPU/GPU上部署，进行分布式计算，为大数据分析提供计算能力的支撑
- 跨平台性好，灵活性强。TensorFlow不仅可在Linux、Mac和Windows系统中运行，甚至还可在移动终端下工作

Tensorflow发展历史

知识讲解

- 2011年，Google公司开发了它的第一代分布式机器学习系统DistBelief。著名计算机科学家杰夫·迪恩（Jeff Dean）和深度学习专家吴恩达（Andrew Y.Ng）都是这个项目的核心成员
- 2015年11月，Google将它的升级版实现正式开源，协议遵循Apache 2.0并更名为TensorFlow
- 目前，TensorFlow最新版为2.X，教学使用1.14.0

Tensorflow安装

知识讲解

- 在线安装
  - ✓ 安装tensorflow及依赖包：pip install tf-nightly
  - ✓ 安装纯净包：pip install tensorflow
  - ✓ 安装GPU版本：pip install tf-nightly-gpu
- 离线安装
  - ✓ 下载离线包：https://pypi.org/project/tensorflow/#files执行安装

Tensorflow安装（续）

知识讲解

- 修改源进行安装。如果安装包time out错误，则可以修改pip源，重新进行安装，修改方式：

（1）编辑或新建pip配置文件（~/.pip/pip.conf），在配置文件下加入：

```
[global]
index-url = http://mirrors.aliyun.com/pypi/simple/
[install]
trusted-host = mirrors.aliyun.com
```

（2）安装时将timeout时间设置长一点

```
sudo pip3 --timeout 600
install tensorflow-1.14.0-cp35-cp35m-manylinux1_x86_64.whl
```

Tensorflow安装（续1）

- 也可使用如下完整命令安装：

```
pip3 install  --user tensorflow==1.14.0 --index-url
https://pypi.tuna.tsinghua.edu.cn/simple/  --trusted-host
https://pypi.tuna.tsinghua.edu.cn --timeout 600
```

知识讲解

案例1：快速开始

课堂练习

```
# tf的helloworld程序
import tensorflow as tf

hello = tf.constant('Hello, world!')  # 定义一个常量
sess = tf.Session()  # 创建一个session
print(sess.run(hello))  # 计算
sess.close()
```

案例2：张量相加

课堂练习

```
1   # 常量加法运算示例
2   import tensorflow as tf
3   import os
4
5   os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '3' #调整警告级别
6
7   a = tf.constant(5.0)  # 定义常量a
8   b = tf.constant(1.0)  # 定义常量a
9   c = tf.add(a, b)
10
11  with tf.Session() as sess:
12      print(sess.run(c))  # 执行计算
```

Tensorflow体系结构

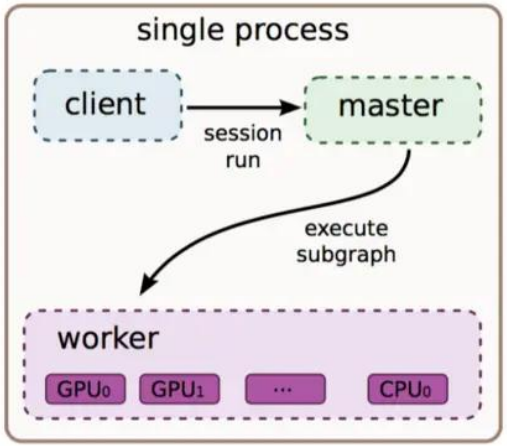
体系结构概述

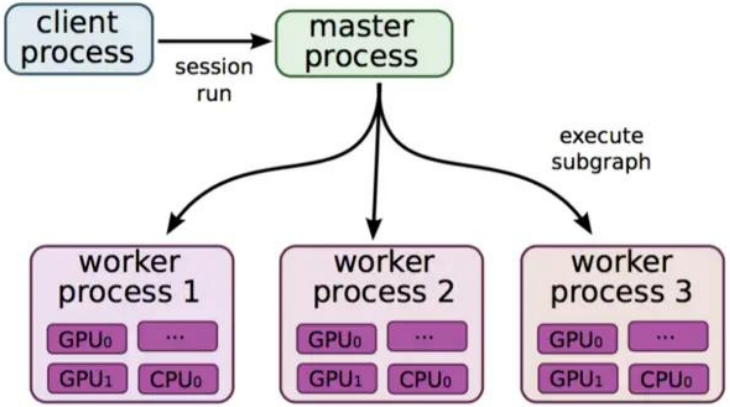
- TensorFlow属于“定义”与“运行”相分离的运行机制。从操作层面可以抽象成两种：模型构建和模型运行
  - ✓ 客户端：用户编程、执行使用
  - ✓ master：用来与客户端交互，并进行任务调度
  - ✓ worker process：工作节点，每个worker process可以访问一到多个device
  - ✓ device：TF的计算核心，执行计算

知识讲解

单机模式与分布式模式

- TF的实现分为“单机实现”和“分布式实现”

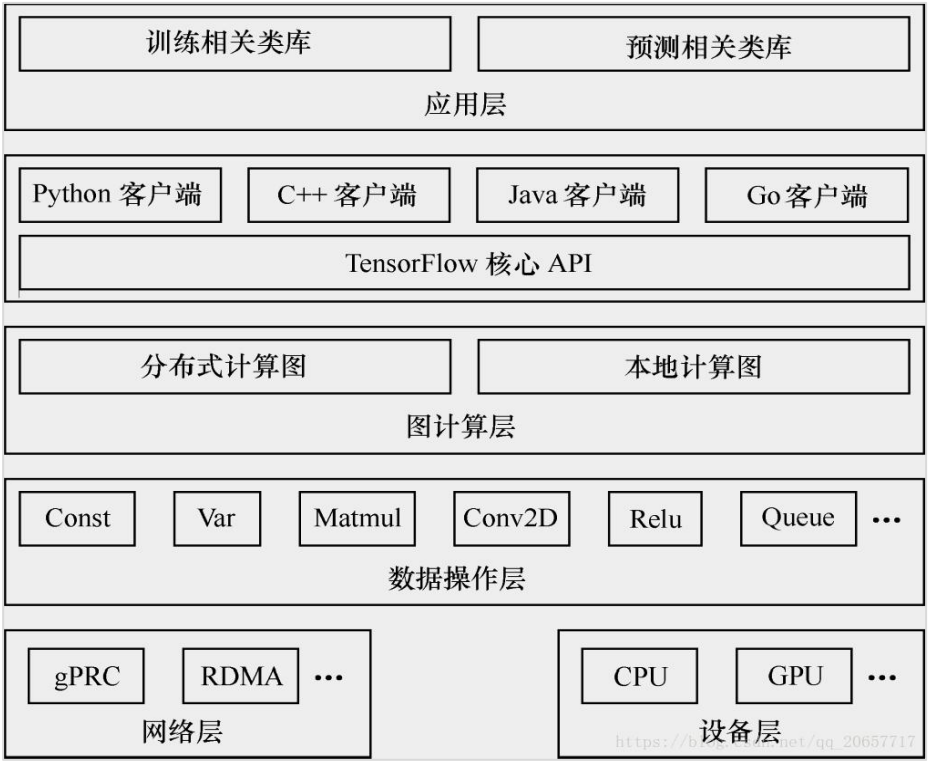




知识讲解

后端逻辑层次

知识讲解

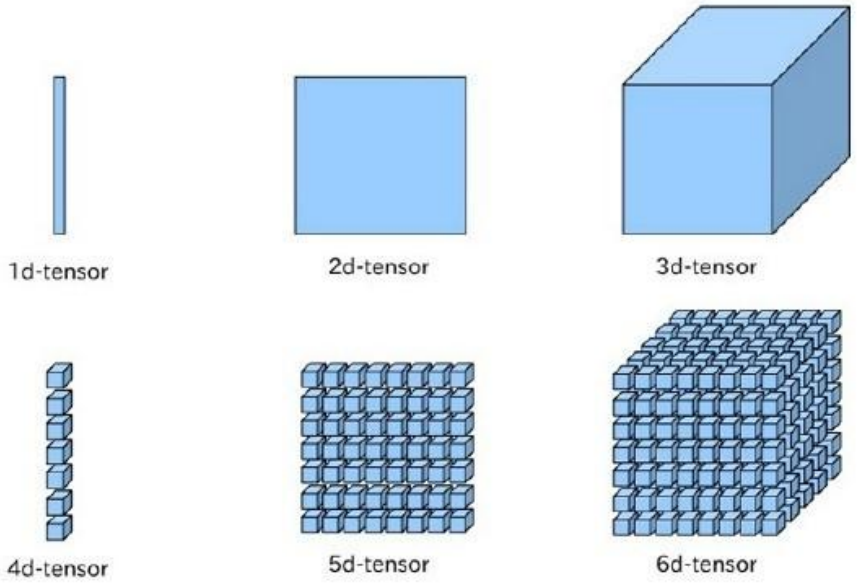

训练相关类库
预测相关类库
应用层
Python 客户端
C++ 客户端
Java 客户端
Go 客户端
TensorFlow 核心 API
分布式计算图
本地计算图
图计算层
Const
Var
Matmul
Conv2D
Relu
Queue
数据操作层
gPRC
RDMA
网络层
CPU
GPU
设备层

基本概念

张量

知识讲解

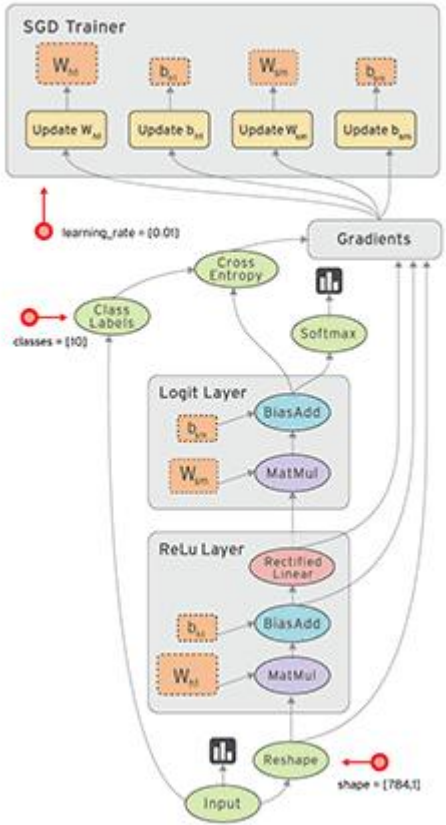
- 张量（Tensor）：多维数组或向量，张量是数据的载体，包含名字、形状、数据类型等属性



数据流

知识讲解

- 数据流图（Data Flow Graph）用“结点”（nodes）和“线”(edges)的有向图来描述数学计算
- “节点” 一般用来表示数学操作，也可以表示数据输入（feed in）的起点/输出（push out）的终点，或者是读取/写入持久变量（persistent variable）的终点
- “线”表示“节点”之间的输入/输出关系。这些数据“线”可以输运多维数据数组，即“张量”（tensor）
- 一旦输入端的所有张量准备好，节点将被分配到各种计算设备完成异步并行地执行运算



操作

- 操作（Operation，简称op）指专门执行计算的节点，tensorflow函数或API定义的都是操作。常用操作包括：
  - 标量运算，向量运算，矩阵运算
  - 带状态的运算
  - 神经网络组建
  - 存储、恢复
  - 控制流
  - 队列及同步运算

知识讲解

图和会话

- 图（Graph）描述整个程序结构，Tensorflow中所有的计算都构建在图中
- 会话（Session）用来执行图的运算

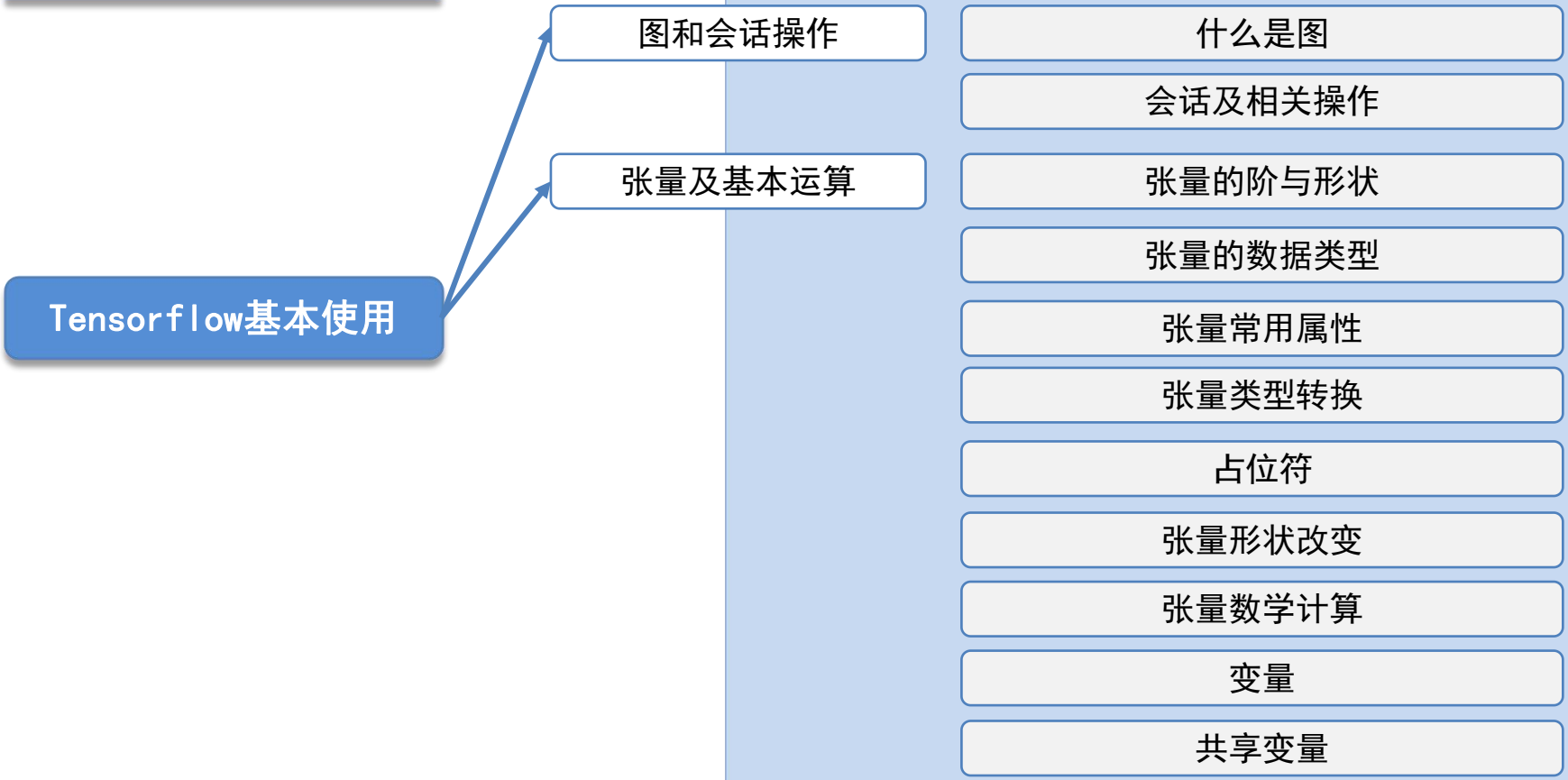
知识讲解

变量和占位符

知识讲解

- 在Tensorflow中，变量（Variable）是一种操作，变量是一种特殊的张量，能够进行存储持久化（张量不能进行持久化），它的值是张量
- 占位符（placeholder）是变量占位符，当不能确定变量的值时，可以先声明一个占位符，真正执行时再传入变量

Tensorflow基本使用



图和会话操作

什么是图

知识讲解

- 图（Graph）描述了计算的过程。TensorFlow 程序通常被组织成一个构建阶段和一个执行阶段。在构建阶段, op 的执行步骤 被描述成一个图. 在执行阶段, 使用会话执行执行图中的 op.
- TensorFlow Python 库有一个默认图 (default graph), op 构造器可以为其增加节点. 这个默认图对 许多程序来说已经足够用了，也可以创建新的图来描述计算过程
- 在Tensorflow中，op/session/tensor都有graph属性

案例3：查看图对象

课堂练习

```
import tensorflow as tf
import os

os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '2'   # 调整警告级别

a = tf.constant(5.0)   # 定义常量a
b = tf.constant(1.0)   # 定义常量a
c = tf.add(a, b)
print("c:", c)

graph = tf.get_default_graph()   # 获取缺省图
print(graph)

with tf.Session() as sess:
    print(sess.run(c))   # 执行计算
    print(a.graph)   # 通过tensor获取graph对象
    print(c.graph)   # 通过op获取graph对象
    print(sess.graph)   # 通过session获取graph对象
```

会话及相关操作

知识讲解

- 会话（session）用来执行图中的计算，并且保存了计算张量对象的上下文信息。会话的作用主要有：
  - 运行图结构
  - 分配资源
  - 掌握资源（如变量、队列、线程）
- **一个session只能执行一个图的运算。**可以在会话对象创建时，指定运行的图。如果在构造会话时未指定图形参数，则将在会话中使用默认图。如果在同一进程中使用多个图（使用tf.graph( )创建），则必须为每个图使用不同的会话，**但每个图可以在多个会话中使用。**

会话及相关操作（续）

知识讲解

- 创建会话
  - tf.Session() # 使用默认图
- 运行
  - session.run(fetches, feed_dict=None)
  - 参数：fetches 图中的单个操作，或多个操作的列表

    feed_dict 运行传入的参数构成的字典，可以覆盖之前的值
- 关闭
  - session.close()

案例4：指定会话运行某个图

课堂练习

```
2   import tensorflow as tf
3   import os
4   os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '2'   # 调整警告级别
5
6   a = tf.constant(5.0)  # 定义常量a
7   b = tf.constant(1.0)  # 定义常量a
8   c = tf.add(a, b)
9
10  graph = tf.get_default_graph()  # 获取缺省图
11  print(graph)
12
13  graph2 = tf.Graph()
14  print(graph2)
15  with graph2.as_default(): #设置为默认图
16      d = tf.constant(11.0)
17
18  with tf.Session(graph=graph2) as sess:
19      print(sess.run(d))  # 执行计算
20      # print(sess.run(c))  # 报错
```

会话常见的错误及原因

- 调用run()方法时，可能会出现的错误及原因
  - RuntimeError：Session处于无效（如关闭）
  - TypeError：fetches或feed_dict的键是不合适的值
  - ValueError：fetches或feed_dict的键无效或引用的值不存在

知识讲解

张量及基本运算

张量的阶与形状

- 阶：张量的维度（数方括号的层数）
- 形状表示方法
  - ✓ 0维：( )
  - ✓ 1维：(5)，1行5个元素
  - ✓ 2维：(2,3)，2行3列
  - ✓ 3维：(2,3,4), 两个3行4列的矩阵

知识讲解

张量的数据类型

知识讲解

数据类型	Python 类型	描述
DT_FLOAT	tf.float32	32 位浮点数.
DT_DOUBLE	tf.float64	64 位浮点数.
DT_INT64	tf.int64	64 位有符号整型.
DT_INT32	tf.int32	32 位有符号整型.
DT_INT16	tf.int16	16 位有符号整型.
DT_INT8	tf.int8 8	位有符号整型.
DT_UINT8	tf.uint8	8 位无符号整型.
DT_STRING	tf.string	可变长度的字节数组.每一个张量元素都是一个字节数组.
DT_BOOL	tf.bool	布尔型.
DT_COMPLEX64	tf.complex64	由两个32位浮点数组成的复数:实数和虚数.
DT_QINT32	tf.qint32	用于量化Ops的32位有符号整型.
DT_QINT8	tf.qint8	用于量化Ops的8位有符号整型.
DT_QUINT8	tf.quint8	用于量化Ops的8位无符号整型.

张量常用属性

知识讲解

属性名称	说明
graph	所属的默认图
op	张量的操作名
name	名称
shape	形状
dtype	元素类型

案例5：查看张量属性

课堂练习

```
import tensorflow as tf
import os

os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '2'   # 调整警告级别

a = tf.constant(5.0)  # 定义常量a

with tf.Session() as sess:
    print(sess.run(a))  # 执行计算
    print("name:", a.name)
    print("dtype:", a.dtype)
    print("shape:", a.shape)
    print("op:", a.op)
    print("graph:", a.graph)
```

案例6：生成张量

课堂练习

```
import tensorflow as tf

# 生成值全为0的张量
tensor_zeros = tf.zeros(shape=[2, 3], dtype="float32")
# 生成值全为1的张量
tensor_ones = tf.ones(shape=[2, 3], dtype="float32")
# 创建正态分布张量
tensor_nd = tf.random_normal(shape=[10],
                             mean=1.7,
                             stddev=0.2,
                             dtype="float32")
# 生成和输入张量形状一样的张量，值全为1
tensor_zeros_like = tf.zeros_like(tensor_ones)

with tf.Session() as sess:
    print(tensor_zeros.eval())  # eval表示在session中计算该张量
    print(tensor_ones.eval())
    print(tensor_nd.eval())
    print(tensor_zeros_like.eval())
```

张量类型转换

知识讲解

函数名称	说明
tf.string_to_number(string_tensor)	字符串转换为数字
tf.to_double(x)	转换为64位浮点型
tf.to_float(x)	转换为32位浮点型
tf.to_int32(x) tf.to_int64(x)	转换为32/64位整型
tf.cast(x, dtype)	将x转换为dtype所指定的类型

案例7：张量类型转换

课堂练习

```
# 张量类型转换
import tensorflow as tf

tensor_ones = tf.ones(shape=[2, 3], dtype="int32")
tensor_float = tf.constant([1.1, 2.2, 3.3])

with tf.Session() as sess:
    print(tf.cast(tensor_ones, tf.float32).eval())
    # print(tf.cast(tensor_float, tf.string).eval()) #不支持浮点数到字符串直接转换
```

占位符

知识讲解

- 不确定张量内容情况下，可以使用占位符先占个位置，然后执行计算时，通过参数传入具体数据执行计算（通过feed_dict参数指定）。placeholder节点被声明的时候是未初始化的， 也不包含数据， 如果没有为它供给数据， 则TensorFlow运算的时候会产生错误
- 占位符定义：

```
name = placeholder(dtype, shape=None, name=None)
```

案例8：占位符使用

课堂练习

```
import tensorflow as tf

# 不确定数据，先使用占位符占个位置
plhd = tf.placeholder(tf.float32, [2, 3])  # 2行3列的tensor
plhd2 = tf.placeholder(tf.float32, [None, 3])  # N行3列的tensor

with tf.Session() as sess:
    d = [[1, 2, 3],
         [4, 5, 6]]
    print(sess.run(plhd, feed_dict={plhd: d}))
    print("shape:", plhd.shape)
    print("name:", plhd.name)
    print("graph:", plhd.graph)
    print("op:", plhd.op)
    print(sess.run(plhd2, feed_dict={plhd2: d}))
```

张量形状改变

知识讲解

- 静态形状：在创建一个张量，初始状态的形状
  - ✓ tf.Tensor.get_shape()：获取Tensor对象的静态形状
  - ✓ tf.Tensor.set_shape()：更新Tensor对象的静态形状

  注意：转换静态形状的时候，1-D到1-D，2-D到2-D，不能跨阶数改变形状；对于已经固定或者设置静态形状的张量/变量，不能再次设置静态形状
- 动态形状：在运行图时，动态形状才是真正用到的，这种形状是一种描述原始张量在执行过程中的一种张量
  - ✓ tf.reshape(tf.Tensor, shape) ：创建一个具有不同动态形状的新张量
  - ✓ 可以跨纬度转换，如1D-->2D, 1D-->3D

案例9：修改张量形状

课堂练习

```python
# 改变张量形状示例(重点)
import tensorflow as tf

pld = tf.placeholder(tf.float32, [None, 3])
print(pld)

pld.set_shape([4, 3])
print(pld)
# pld.set_shape([3, 3]) #报错，静态形状一旦固定就不能再设置静态形状

# 动态形状可以创建一个新的张量，改变时候一定要注意元素的数量要匹配
new_pld = tf.reshape(pld, [3, 4])
print(new_pld)
# new_pld = tf.reshape(pld, [2, 4]) # 报错，元素的数量不匹配

with tf.Session() as sess:
    pass
```

张量数学计算

知识讲解

函数名称	说明
tf.add(x, y)	张量相加
tf.matmul(x, y)	张量相乘
tf.log(x)	求张量的自然对数
tf.reduce_sum(x, axis)	计算张量指定维度上的总和
tf.segment_sum(data, segment_ids)	计算张量片段总和

张量数学计算（续）

知识讲解

➢ 矩阵乘法说明

- ✓ 当矩阵A的列数（column）等于矩阵B的行数（row）时，A与B可以相乘
- ✓ 矩阵C的行数等于矩阵A的行数，C的列数等于B的列数
- ✓ 乘积C的第m行第n列的元素等于矩阵A的第m行的元素与矩阵B的第n列对应元素乘积之和

$$C = AB = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 2 & 5 \\ 3 & 6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1\times1+2\times2+3\times3 & 1\times4+2\times5+3\times6 \\ 4\times1+5\times2+6\times3 & 4\times4+5\times5+6\times6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & 32 \\ 32 & 77 \end{pmatrix}$$

案例10：张量数学计算

课堂练习

```
import tensorflow as tf

x = tf.constant([[1, 2], [3, 4]], dtype=tf.float32)
y = tf.constant([[4, 3], [3, 2]], dtype=tf.float32)

x_add_y = tf.add(x, y)  # 张量相加
x_mul_y = tf.matmul(x, y)  # 张量相乘
log_x = tf.log(x)  # log(x)

# reduce_sum: 此函数计算一个张量的各个维度上元素的总和
# 按照axis中已经给定的维度来减少的；除非 keep_dims 是true
# 否则张量的秩将在axis的每个条目中减少1
# 如果keep_dims为true,则减小的维度将保留为长度1
# 如果axis没有条目,则缩小所有维度,并返回具有单个元素的张量.
x_sum_1 = tf.reduce_sum(x, axis=[1], keepdims=False)
```

案例10：张量数学计算（续）

课堂练习

```
18  # segment_sum: 沿张量的片段计算总和
19  # 函数返回的是一个Tensor,它与data有相同的类型,与data具有相同的形状
20  # 但大小为 k(段的数目)的维度0除外
21  data = tf.constant([1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10], dtype=tf.float32)
22  segment_ids = tf.constant([0, 0, 0, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2], dtype=tf.int32)
23  x_seg_sum = tf.segment_sum(data, segment_ids)  # [6, 9, 40]
24
25  with tf.Session() as sess:
26      print(x_add_y.eval())
27      print(x_mul_y.eval())
28      print(x_mul_y.eval())
29      print(log_x.eval())
30      print(x_seg_sum.eval())
```

变量

知识讲解

- 变量是一种op，它的值是张量
- **变量能够持久化保存，普通张量则不可**
- **当定义一个变量时，需要在会话中进行初始化**
- 变量创建

  tf.Variable(initial_value=None, name=None)

案例11：变量使用

课堂练习

```python
# 变量OP示例
import tensorflow as tf

# 创建普通张量
a = tf.constant([1, 2, 3, 4, 5])
# 创建变量
var = tf.Variable(tf.random_normal([2, 3], mean=0.0, stddev=1.0),
                  name="variable")

# 变量必须显式初始化，这里定义的是初始化操作，并没有运行
init_op = tf.global_variables_initializer()

with tf.Session() as sess:
    sess.run(init_op)
    print(sess.run([a, var]))
```

Tensorboard可视化

Tensorboard工具

什么是可视化

知识讲解

- 可视化是用来查看在Tensorflow平台下程序运行的过程，包括：张量/变量，操作，数据流，学习过程等，从而方便 TensorFlow 程序的理解、调试与优化
- Tensorflow提供了专门的可视化工具tensorboard，它将tensorflow执行的数据、模型、过程用图形方式进行显示。tensorflow在执行过程中，可以通过某些操作，将模型、数据、graph等信息，保存到磁盘中的Events文件中去，从而提供给tensorboard进行可视化

启动tensorboard

- 使用以下命令启动tensorboard

```
tensorboard  --logdir="PycharmProjects/tensorflow_study/summary/"
```

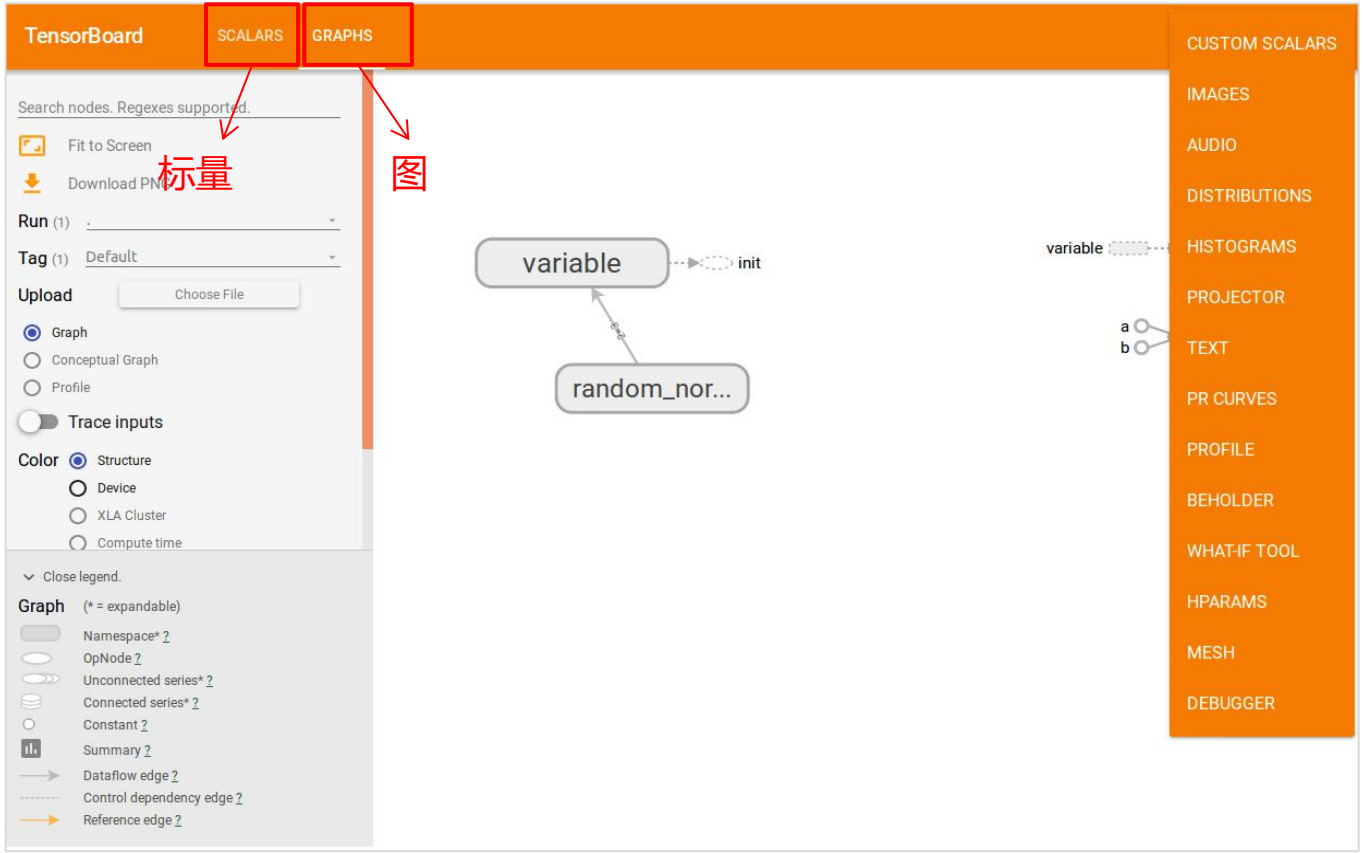
知识讲解

其中，logdir参数的值为事件文件存储目录，启动成功后可以看到如下信息，使用提示的URL地址和端口进行访问：

```
TensorBoard 1.14.0 at http://tedu:6006/ (Press CTRL+C to quit)
```

tensorboard主页说明

知识讲解

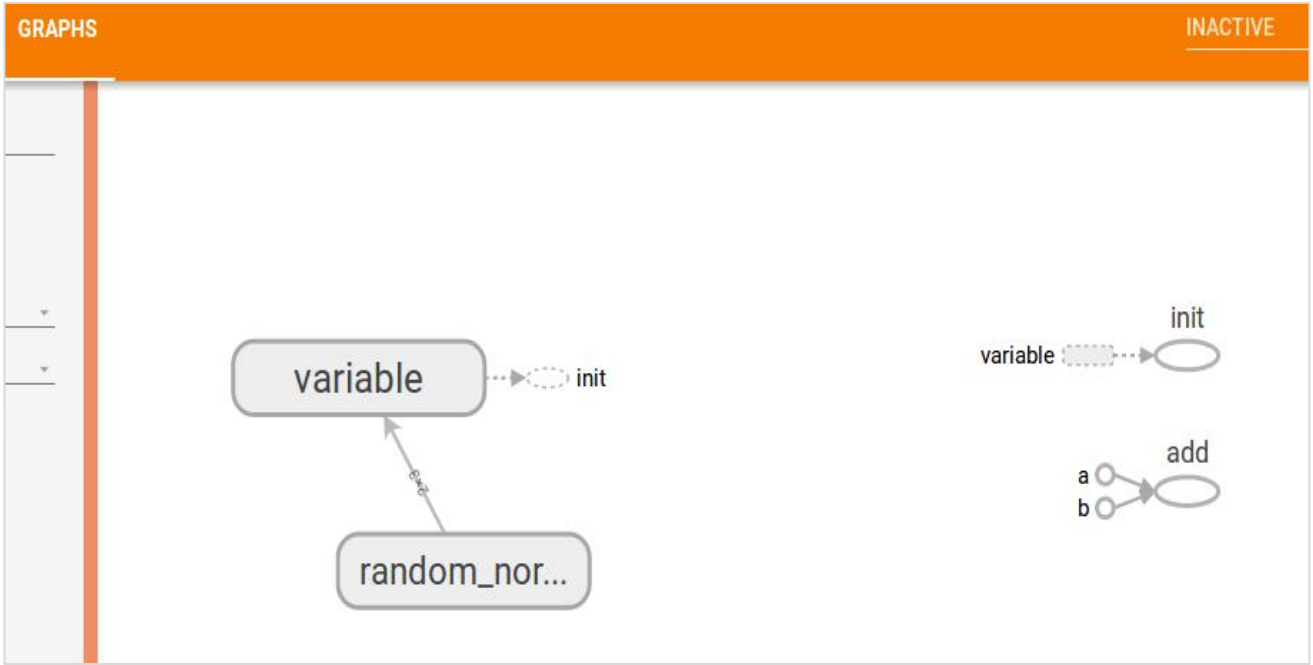


案例12：为操作添加可视化

课堂练习

```
import tensorflow as tf
import os
os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL'] = '2'  # 调整警告级别

# 创建普通张量
a = tf.constant([1, 2, 3, 4, 5])
# 创建变量
var = tf.Variable(tf.random_normal([2, 3], mean=0.0, stddev=1.0),
                  name="variable")

b = tf.constant(3.0, name="a")
c = tf.constant(4.0, name="b")
d = tf.add(b, c, name="add")

# 变量必须显式初始化，这里定义的是初始化操作，并没有运行
init_op = tf.global_variables_initializer()

with tf.Session() as sess:
    sess.run(init_op)
    # 将程序图结构写入事件文件
    fw = tf.summary.FileWriter("../summary/", graph=sess.graph)
    print(sess.run([a, var]))
```

案例12：为操作添加可视化（续）



注：张量如果未使用默认情况下不显示

课堂练习

摘要与事件文件操作

知识讲解

- 如果需要将变量/张量在tensorboard中显示，需要执行以下两步：
  - ✓ 收集变量

    tf.summary.scalar(name, tensor) # 收集标量，name为名字，tensor为值

    tf.summary.histogram(name, tensor) # 收集高维度变量参数

    tf.summary.image(name, tensor) # 收集图片张量
  - ✓ 合并变量并写入事件文件

    merged = tf.summary.merge_all() # 合并所有变量

    summary = sess.run(merged) # 运行合并，每次迭代训练都需要运行

    FileWriter.add_summary(summary, i) # 添加摘要，i表示第几次的值

综合案例：实现线性回归

案例13：实现线性回归

- 任务描述：
  - 给定一组输入、输出作为样本
  - 定义线性模型，并进行训练
  - 将训练过程可视化

课堂练习

案例13：实现线性回归（续1）

课堂练习

```python
# 线性回归示例
import tensorflow as tf

# 第一步：创建数据
x = tf.random_normal([100, 1], mean=1.75, stddev=0.5, name="x_data")
y_true = tf.matmul(x, [[2.0]]) + 5.0  # 矩阵相乘必须是二维的

# 第二步：建立线性回归模型
# 建立模型时，随机建立权重、偏置 y = wx + b
# 权重需要不断更新，所以必须是变量类型. trainable指定该变量是否能随梯度下降一起变化
weight = tf.Variable(tf.random_normal([1, 1], name="w"),
                     trainable=True)  # 训练过程中值是否允许变化
bias = tf.Variable(0.0, name="b", trainable=True)  # 偏置
y_predict = tf.matmul(x, weight) + bias  # 计算 wx + b

# # 第三步：求损失函数，误差(均方差)
loss = tf.reduce_mean(tf.square(y_true - y_predict))
```

案例13：实现线性回归（续2）

课堂练习

```
19  # # 第四步：使用梯度下降法优化损失
20  # 学习率是比价敏感的参数，过小会导致收敛慢，过大可能导致梯度爆炸
21  train_op = tf.train.GradientDescentOptimizer(0.1).minimize(loss)
22
23  # 收集损失值
24  tf.summary.scalar("losses", loss)
25  merged = tf.summary.merge_all() #将所有的摘要信息保存到磁盘
26
27  init_op = tf.global_variables_initializer()
28  with tf.Session() as sess:  # 通过Session运行op
29      sess.run(init_op)
30      # 打印初始权重、偏移值
31      print("weight:", weight.eval(), " bias:", bias.eval())
32
33      # 指定事件文件
34      fw = tf.summary.FileWriter("../summary/", graph=sess.graph)
35
36      for i in range(500):  # 循环执行训练
37          sess.run(train_op)  # 执行训练
38          summary = sess.run(merged) # 运行合并后的tensor
39          fw.add_summary(summary, i)
40          print(i, ":", i, "weight:", weight.eval(), " bias:", bias.eval())
```

今日总结

- Tensorflow简介
- 图与会话
- 张量基本操作
- Tensorboard可视化
- 综合案例：线性回归