

当前位置：一起大数据 (http://www.17bigdata.com) > 自学中心 (http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83) > 理论 (http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86) > 数据挖掘 (http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98) > 正文

# 【深度神经网络压缩】Deep Compression （ICLR2016 Best Paper）(http://www.17bigdata.com/%e3%80%90%e6%b7%b1%e5%ba%a6%e7%a5%9e%e7%bb%8f%e7%bd%91%e7%bb%9c%e5%8e%8b%e7%bc%a9%e3%80%91deep-compression-%ef%bc%88iclr2016-best-paper%ef%bc%89.html)

xsmile 发布于 2016-06-26  
分类：[数据挖掘](#) (http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98)  
阅读(1443)    评论(0)

作者 [仙道菜](#) (http://my.csdn.net/cyh24)

1. Abstract

1. 为什么要压缩网络

2. 如何压缩

3. 效果如何
2. Network Pruning
3. Trained Quantization and Weight Sharing

1. Weight Sharing

2. Initialization of Shared Weights
4. Huffman Coding
5. Experiment Results

## 搜索

搜索

## 最新职位

大数据开发工程师 (北京)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4720/%e5%a4%a7%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%bc%80%e5%8f%91%e5%b7%a5%e7%a8%8b%e5%b8%88-at-%e7%be%8e%e5%9b%a2/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
大数据高级研发工程师 (厦门)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4719/%e5%a4%a7%e6%95%b0%e6%8d%ae%e9%ab%98%e7%ba%a7%e7%a0%94%e5%8f%91%e5%b7%a5%e7%a8%8b%e5%b8%88-at-%e7%bd%91%e5%ae%bf%e7%a7%91%e6%8a%80/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
数据分析工程师 (厦门)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4718/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e5%b7%a5%e7%a8%8b%e5%b8%88-at-%e7%bd%91%e5%ae%bf%e7%a7%91%e6%8a%80/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
数据分析实习生 (厦门)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4717/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e5%ae%9e%e4%b9%a0%e7%94%9f-at-%e7%bd%91%e5%ae%bf%e7%a7%91%e6%8a%80/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
高级数据分析师 (北京)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4716/%e9%ab%98%e7%ba%a7%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e5%b8%88-at-%e9%93%81%e7%94%b2%e5%b7%a5%e7%a8%8b%e6%9c%ba%e6%a2%b0%e7%bd%91/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
ETL高级开发 (上海)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4715/etl%e9%ab%98%e7%ba%a7%e5%bc%80%e5%8f%91-at-%e4%ba%bf%e9%80%9a%e5%9b%bd%e9%99%85/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
数据分析主管/数据分析师 (深圳)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4714/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%bb%e7%ae%a1%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e5%b8%88-at-%e6%81%92%e4%bf%a1%e6%b0%b8%e5%88%a9/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2RhdGEuY29tLyVFI)  
大数据架构师 (杭州)  
(http://www.17bigdata.com/jobs/job/4713/%e5%a4%a7%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%9e%b6%e6%9e%84%e5%b8%88-at-%e6%b5%99%e6%b1



首页  
(http://www.17bigdata.com)

案例  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e6%a1%88%e4%be%8b)

观点  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%82%e7%82%b9)

数据&电子书  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e7%94%b5%e5%ad%90%e4%b9%a6)

视频  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%86%e9%a2%91)

理论  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86)

软件  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e8%bd%af%e4%bb%b6)

原文是：《[Deep Compression: Compressing Deep Neural Networks with Pruning, Trained Quantization and Huffman coding](https://arxiv.org/abs/1510.00149) (https://arxiv.org/abs/1510.00149)》

本博客是该论文的阅读笔记，不免有很多细节不对之处。

还望各位看官能够见谅，欢迎批评指正。

更多相关博客请猛戳：[http://blog.csdn.net/cyh\\_24](http://blog.csdn.net/cyh_24) (http://blog.csdn.net/cyh\_24)

如需转载，请附上本文链接：[http://blog.csdn.net/cyh\\_24/article/details/51708469](http://blog.csdn.net/cyh_24/article/details/51708469) (http://blog.csdn.net/cyh\_24/article/details/51708469)

【深度神经网络压缩】Deep Compression (ICLR2016 Best Paper) - 仙道菜-blog - 博客频道 - CSDN.NET

这篇论文是Stanford的Song Han的ICLR2016的best paper，Song Han写了一系列网络压缩的论文，这是其中一篇，更多论文笔记也会在后续博客给出。

首先，给这篇论文的清晰结构点赞，论文题目就已经概括了文章的三个重点，而且每个部分图文并茂，文章看起来一点都不费力，不愧是ICLR 2016 best paper！

## Abstract

为什么要压缩网络？

做过深度学习的应该都知道，NN大法确实效果很赞，在各个领域轻松碾压传统算法，不过真正用到实际项目中却会有很大的问题：

1. 计算量非常巨大；
2. 模型特别吃内存；

这两个原因，使得很难把NN大法应用到嵌入式系统中去，因为嵌入式系统资源有限，而NN模型动不动就好几百兆。所以，计算量和内存的问题是作者的motivation；

如何压缩？

论文题目已经一句话概括了：

1. **Prunes the network**：只保留一些重要的连接；
2. **Quantize the weights**：通过权值量化来共享一些weights；
3. **Huffman coding**：通过霍夫曼编码进一步压缩；

效果如何？

**Pruning**：把连接数减少到原来的1/13~1/9；  
**Quantization**：每一个连接从原来的32bits减少到5bits；

最终效果：  
- 把AlexNet压缩了35倍，从240MB，减小到

%9f%e9%b8%bf%e7%a8%8b%e8%ae%a1%e7%ae%97%e6%9c%ba%e7%b3%bb%e7%bb%9f%e6%9c%89%e9%99%90%e5%85%ac%e5%8f%b8/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2Rh dGEuY29tLyVF! 大数据产品经理/DMP product manager (上海) (http://www.17bigdata.com/jobs/job/4712/%e5%a4%a7%e6%95%b0%e6%8d%ae%e4%ba%a7%e5%93%81%e7%bb%8f%e7%90%86dmp-product-manager-at-%e8%b4%9d%e5%a1%94%e6%96%af%e6%9b%bc/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2Rh dGEuY29tLyVF! 数据分析师 (北京) (http://www.17bigdata.com/jobs/job/4711/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e5%b8%88-at-%e9%93%be%e5%ae%b6%e9%9b%86%e5%9b%a2/aHR0cDovL3d3dy4xN2JpZ2Rh dGEuY29tLyVF!

微博推荐

一起大数据  
互联网博主

数据分析招聘  
数据分析师招聘网站  
长 分享数据分析相

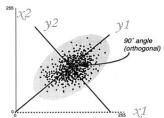
一键关注

## 推荐文章

第六周 第一部分  
阅读(737)  
(http://www.17bigdata.com/%e7%ac%ac%e5%85%ad%e5%91%a8-%e7%ac%ac%e4%b8%80%e9%83%a8%e5%88%86.html)

主成分分析与因子分析之比较及实证分析  
阅读(1218)  
(http://www.17bigdata.com/%e4%b8%bb%e6%88%90%e5%88%86%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e5%9b%a0%e5%ad%90%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b9%8b%e6%af%94%e8%be%83%e5%8f%8a%e5%ae%9e%e8%af%81%e5%88%86%e6%9e%90.html)

第四周 第四部分  
阅读(689)  
(http://www.17bigdata.com/%e7%ac%ac%e5%9b%9b%e5%91%a8-%e7%ac%ac%e5%9b%9b%e9%83%a8%e5%88%86.html)







首页

(http://www.17bigdata.com)

案例

(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e6%a1%88%e4%be%8b)

观点

(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%82%e7%82%b9)

数据&电子书

(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e7%94%b5%e5%ad%90%e4%b9%a6)

视频

(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%86%e9%a2%91)

理论

(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86)

软件

(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e8%bd%af%e4%bb%b6)

6.9MB；

– 把VGG-16压缩了49北，从 552MB 减小到 11.3MB；

– 计算速度是原来的3~4倍，能源消耗是原来的3~7

倍；

## Network Pruning

其实 network pruning 技术已经被广泛应用到CNN模型的压缩中了。

早期的一些工作中，LeCun 用它来减少网络复杂度，从而达到避免 over-fitting 的效果；

近期，其实也就是作者的第一篇网络压缩论文中，通过剪枝达到了 state-of-the-art 的结果，而且没有减少模型的准确率；

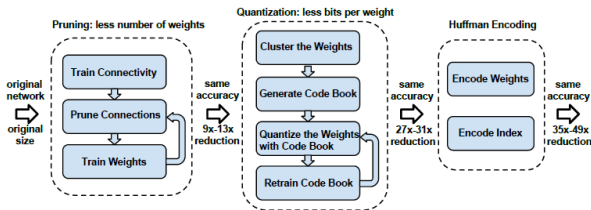


Figure 1: The three stage compression pipeline: pruning, quantization and Huffman coding. Pruning reduces the number of weights by 10x, while quantization further improves the compression rate: between 27x and 31x. Huffman coding gives more compression: between 35x and 49x. The compression rate already included the meta-data for sparse representation. The compression scheme doesn't incur any accuracy loss.

从上图的左边的pruning阶段可以看出，其过程是：

1. 正常的训练一个网络；
2. 把一些权值很小的连接进行剪枝：通过一个阈值来剪枝；
3. retrain 这个剪完枝的稀疏连接的网络；

为了进一步压缩，对于weight的index，不再存储绝对位置的index，而是存储跟上一个有效weight的相对位置，这样index的字节数就可以被压缩了。

论文中，对于卷积层用 8bits 来保存这个相对位置的index，在全连接层中用 5bits 来保存；

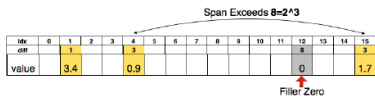


Figure 2: Representing the matrix sparsity with relative index. Padding filler zero to prevent overflow.

上图是以用3bits保存相对位置为例子，当相对位置超过8（3bits）的时候，需要在相对位置为8的地方填充一个0，防止溢出；

## Trained Quantization and Weight Sharing

前面已经通过权值剪枝，去掉了一些不太重要的权值，大大压缩了网络；

为了更进一步压缩，作者又想到一个方法：权值本身的大小能不能压缩？

答案当然是可以的，具体怎么做请看下图：

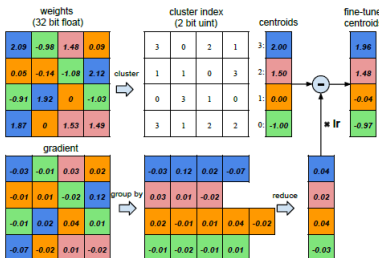


Figure 3: Weight sharing by scalar quantization (top) and centroids fine-tuning (bottom).

假设有一个层，它有4个输入神经元，4个输出神经元，

%e5%88%86.html)

统计学23

阅读(680)

(http://www.17bigdata.com/%e7%bb%9f%e8%ae%a1%e5%ad%a623.html)

德国首富的超市是靠什么打败沃尔玛的，牛逼的阿尔迪能在国内复制吗？

阅读(722)

(http://www.17bigdata.com/%e5%be%b7%e5%9b%bd%e9%a6%96%e5%af%8c%e7%9a%84%e8%b6%85%e5%b8%82%e6%98%af%e9%9d%a0%e4%bb%80%e4%b9%88%e6%89%93%e8%b4%a5%e6%b2%83%e5%b0%94%e7%8e%9b%e7%9a%84%ef%bc%8c%e7%89%9b%e9%80%bc%e7%9a%84%e9%98%bf.html)

数据挖掘的概念

阅读(813)

(http://www.17bigdata.com/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%9a%84%e6%a6%82%e5%bf%b5.html)



首页  
(http://www.17bigdata.com)

案例  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e6%a1%88%e4%be%8b)

观点  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%82%e7%82%b9)

数据&电子书  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e7%94%b5%e5%ad%90%e4%b9%a6)

视频  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%86%e9%a2%91)

理论  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86)

软件  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e8%bd%af%e4%bb%b6)

那么它的权值就是4\*4的矩阵；  
图中左上为weight矩阵，左下为gradient矩阵。

可以看到，图中作者把 **weight**矩阵 聚类成了4个 cluster（由4种颜色表示）。属于同一类的weight共享同一个权值大小（看中间的白色矩形部分，每种颜色权值对应一个cluster index）；

由于同一cluster的weight共享一个权值大小，所以我们只需要存储权值的index  
例子中是4个cluster，所以原来每个weight需要32bits，现在只需要2bits，非常简单的压缩了16倍

而在 权值更新 的时候，所有的gradients按照weight矩阵的颜色来分组，同一组的gradient做一个相加的操作，得到是sum乘上learning rate再减去共享的 centroids，得到一个fine-tuned centroids，这个过程看上图，画的非常清晰了。

实际中，对于AlexNet，卷积层quantization到8bits（256个共享权值），而全连接层quantization到5bits（32个共享权值），并且这样压缩之后的网络没有降低准确率

### Weight Sharing

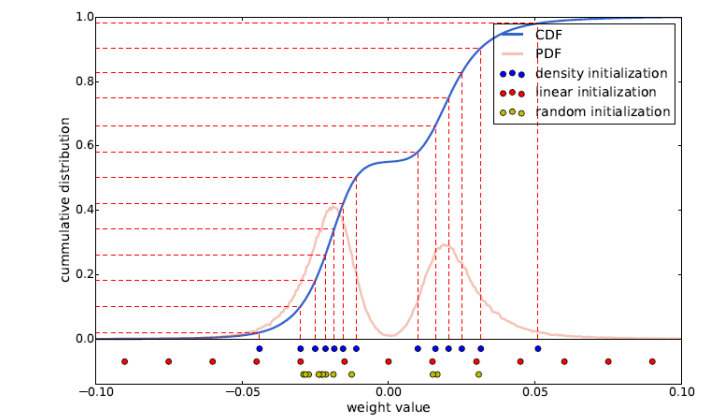
具体是怎么做的权值共享，或者说是用什么方法对权值聚类的呢？

其实就用了非常简单的 K-means，对每一层都做一个weight的聚类，属于同一个 cluster 的就共享同一个权值大小。  
注意的一点：跨层的weight不进行共享权值；

### Initialization of Shared Weights

做过 K-means 聚类的都知道，初始点的选择对于结果有着非常大的影响，在这里，初始点的选择同样会影响到网络的性能。

作者尝试了很多生产初始点的方法：**Forgy(random)**, **density-based**, and **linear initialization**.



画出了AlexNet中conv3层的权重分布，横坐标是权值大小，纵坐标表示分布，其中红色曲线表示PDF（概率密度分布），蓝色曲线表示CDF（概率密度函数），圆圈表示的是centroids：黄色（Forgy）、蓝色（density-based）、红色（linear）。

立刻说两句吧！



首页  
(http://www.17bigdata.com)

案例  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e6%a1%88%e4%be%8b )

观点  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%82%e7%82%b9 )

数据&电子书  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e7%94%b5%e5%ad%90%e4%b9%a6 )

视频  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%86%e9%a2%91 )

理论  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86 )

软件  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e8%bd%af%e4%bb%b6 )

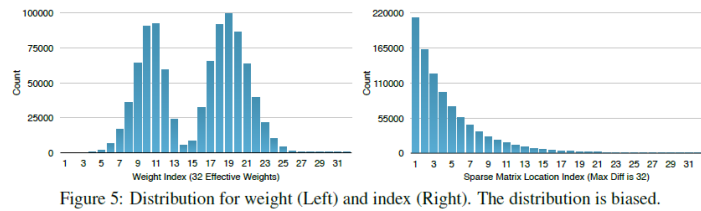
作者提到：大的权值往往比小的权值起到更重要的作用，不过，大的权值往往数量比较少；

可以从图中看到，Forgy 和 density-based 方法产生的centroids很少落入到大权值的范围中，造成的结果就是忽略了大权值的作用；而Linear initialization产生的centroids非常平均，没有这个问题存在；

后续的实验结果也表明，Linear initialization 的效果最佳。

## Huffman Coding

Huffman Coding 是一种非常常用的无损编码技术。它按照符号出现的概率来进行变长编码。



上图的权重以及权值索引分布来自于AlexNet的最后一个全连接层。由图可以看出，其分布是非均匀的、双峰形状，因此我们可以利用Huffman编码来对其进行处理，最终可以进一步使的网络的存储减少20%~30%。

## Experiment Results

简单贴一个最终得到的模型跟BVLC baseline 和其他基于alexnet的压缩网络的性能对比：

Network	Top-1 Error	Top-5 Error	Parameters	Compress Rate
Baseline Caffemodel (BVLC)	42.78%	19.73%	240MB	1×
Fastfood-32-AD (Yang et al., 2014)	41.93%	-	131MB	2×
Fastfood-16-AD (Yang et al., 2014)	42.90%	-	64MB	3.7×
Collins & Kohli (Collins & Kohli, 2014)	44.40%	-	61MB	4×
SVD (Denton et al., 2014)	44.02%	20.56%	47.6MB	5×
Pruning (Han et al., 2015)	42.77%	19.67%	27MB	9×
Pruning+Quantization	42.78%	19.70%	8.9MB	27×
Pruning+Quantization+Huffman	42.78%	19.70%	6.9MB	35×

作者还做了大量的对比试验，具体请看原paper.

内容多来自网络，如有侵权，请联系QQ:23683716，谢谢。：

一起大数据 (http://www.17bigdata.com) » 【深度神经网络压缩】Deep Compression （ICLR2016 Best Paper）  
(http://www.17bigdata.com/%e3%80%90%e6%b7%b1%e5%ba%a6%e7%a5%9e%e7%bb%8f%e7%bd%91%e7%bb%9c%e5%8e%8b%e7%bc%a9%e3%80%91deep-compression-%ef%bc%88iclr2016-best-paper%ef%bc%89.html)

赞 (0)

分享到：

标签：

数据挖掘 (http://www.17bigdata.com/tag/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98)  
机器学习 (http://www.17bigdata.com/tag/%e6%9c%ba%e5%99%a8%e5%ad%a6%e4%b9%a0)

立刻说两句吧！









深度学习 (http://www.17bigdata.com/tag/%e6%b7%b1%e5%ba  
%a6%e5%ad%a6%e4%b9%a0)

神经网络 (http://www.17bigdata.com/tag/%e7%a5%9e%e7%bb  
%8f%e7%bd%91%e7%bb%9c)

首页 (http://www.17bigdata.com)	上一篇 推荐系统开源软件列表汇总 和点评 (http://www.17bigdata.com /%e6%8e%a8%e8 %8d%90%e7%b3%bb%e7 %bb%9f%e5%bc%80%e6 %ba%90%e8%bd%af%e4 %bb%b6%e5%88%97%e8 %a1%a8%e6%b1%87%e6 %80%bb%e5%92%8c%e7 %82%b9%e8%af %84.html)	下一篇 爬虫Selenium&bs4 + Miku 分享 (http://www.17bigdata.com /%e7%88%ac%e8 %99%abseleniumbs4- miku%e5%88%86%e4%ba %ab.html)
----------------------------------	---	--

观点  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e8%a7  
%82%e7%82%b9 )

相关推荐

数据&电子书 (http://www.17bigdata.com /category/%e6%95 %b0%e6%8d%ae %e7%94%b5%e5 %ad%90 %e4%b9%a6 )				
视频 (http://www.17bigdata.com /category/%e8%a7 %86%e9%a2%91 )	自组织神经网络：Kohonen 网络训练算法 (http://www.17bigdata.com /%e8%87 %aa%e7 %bb%84 %e7%bb %87%e7 %a5%9e %e7%bb %8f%e7 %bd%91 %e7%bb %9c%ef %bc%9a %e7%bd %91%e7 %bb%9c %e8%ae %ad%e7 %bb%83 %e7%ae %97%e6 %b3%95.html)	使用sklearn做 单机特征工程 (http://www.17bigdata.com /%e6%87 %bf%e7 %94%a8 %e5%81 %9a%e5 %8d%95 %e6%9c %ba%e7 %89%b9 %e5%be %81%e5 %b7%a5 %e7%a8 %8b.html)	LSTM 文本情 感分析/序列分 析 (http://www.17bigdata.com /%e6%96 %87%e6 %9c%ac %e6%83 %85%e6 %84%9f %e5%88 %86%e6 %9e%90 %e5%ba %8f%e5 %88%97 %e5%88 %86%e7 %b1%bb- keras.html)	神经网络编程 入门 (http://www.17bigdata.com /%e9%e7 %bb%8f %e7%bd %91%e7 %bb%9c %e7%bc %96%e7 %a8%8b %e5%85 %a5%e9 %97%a8.html)
理论 (http://www.17bigdata.com /category/%e8%87 %aa%e5%ad%a6 %e4%b8%ad%e5 %bf%83/%e6%95 %b0%e6%8d%ae %e5%88%86%e6 %9e%90%e4%b8 %8e%e6%95%b0 %e6%8d%ae%e6 %8c%96%e6%8e %98%e7%90%86 %e8%ae%ba%e7 %9f%a5 %e8%af%86 )				
软件 (http://www.17bigdata.com /category/%e8%87 %aa%e5%ad%a6 %e4%b8%ad%e5 %bf%83/%e6%95 %b0%e6%8d%ae %e5%88%86%e6 %9e%90%e4%b8 %8e%e6%95%b0 %e6%8d%ae%e6 %8c%96%e6%8e %98%e8%bd%af %e4%bb%b6 )				

立刻说两句吧！



首页  
(http://www.17bigdata.com/)

案例  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e6%a1%88%e4%be%8b )

观点  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%82%e7%82%b9 )

数据&电子书  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e7%94%b5%e5%ad%90%e4%b9%a6 )

视频  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%a7%86%e9%a2%91 )

理论  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e7%90%86%e8%ae%ba%e7%9f%a5%e8%af%86 )

软件  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%aa%e5%ad%a6%e4%b8%ad%e5%bf%83/%e6%95%b0%e6%8d%ae%e5%88%86%e6%9e%90%e4%b8%8e%e6%95%b0%e6%8d%ae%e6%8c%96%e6%8e%98%e8%bd%af%e4%bb%b6 )

机器学习中的相似性度量  
(http://www.17bigdata.com/category/%e6%9c%ba%e5%99%a8%e5%ad%a6%e4%b9%a0%e4%b8%ad%e7%9a%84%e7%9b%b8%e4%bc%bc%e6%80%a7%e5%ba%a6%e9%87%8f-2.html)

R学习日记——时间序列分析之ARIMA模型预测  
(http://www.17bigdata.com/category/%e5%ad%a6%e4%b9%a0%e6%97%a5%e8%ae%b0-%e6%97%b6%e9%97%b4%e5%ba%8f%e5%88%97%e5%88%86%e6%9e%90%8f-2.html)

采用ubuntu系统来安装tensorflow  
(http://www.17bigdata.com/category/%e8%87%e7%94%a8ubuntu%e6%9c%e7%b3%bb%e7%bb%9f%e6%9d%a5%e5%ae%89%e8%a3%85tensorflow.html)

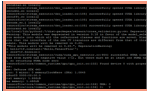
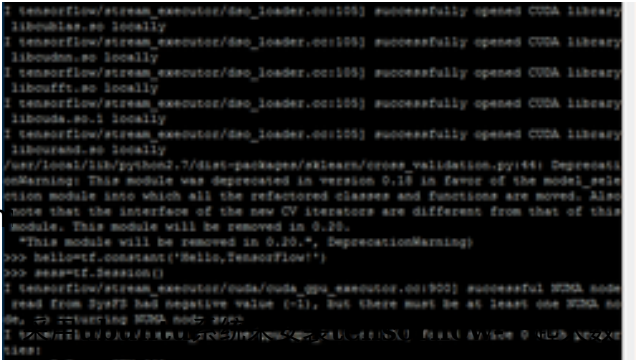
常见机器学习方法总览  
(http://www.17bigdata.com/category/%b8%e8%a7%81%b8%e8%a7%88.html)

登录

来说两句吧...

还没有评论，快来抢沙发吧！

一起大数据正在使用畅言 (http://changyan.kuaizhan.com/)



热评话题

采用ubuntu系统来安装tensorflow-一起大数据 (http://www....

PostgreSQL 性能优化-一起大数据 (http://www.17bigdata....

SAS聚类分析-一起大数据 (http://www.17bigdata.com/sas...

立刻说两句吧！



SAS多变量分析-因子分析-一起大数据 (http://www.17bigd...

使用sklearn做单机特征工程-一起大数据 (http://www.17big...

时间序列分析之ARIMA模型预测\_\_R篇-一起大数据 (http://...

Machine Learning- Testing and Error Metrics-一起大数据 ...

首页  
(http://www.17bigdata.com),

案例  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e6%95  
%b0%e6%8d%ae  
%e5%88%86%e6  
%9e%90%e4%b8  
%8e%e6%95%b0  
%e6%8d%ae%e6  
%8c%96%e6%8e  
%98%e6%a1%88  
%e4%be%8b )

观点  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e8%a7  
%82%e7%82%b9 )

数据&电子书  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e6%95  
%b0%e6%8d%ae  
%e7%94%b5%e5  
%ad%90  
%e4%b9%a6 )

视频  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e8%a7  
%86%e9%a2%91 )

理论  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e8%87  
%aa%e5%ad%a6  
%e4%b8%ad%e5  
%bf%83/%e6%95  
%b0%e6%8d%ae  
%e5%88%86%e6  
%9e%90%e4%b8  
%8e%e6%95%b0  
%e6%8d%ae%e6  
%8c%96%e6%8e  
%98%e7%90%86  
%e8%ae%ba%e7  
%9f%a5  
%e8%af%86 )

软件  
(http://www.17bigdata.com  
/category/%e8%87  
%aa%e5%ad%a6  
%e4%b8%ad%e5  
%bf%83/%e6%95  
%b0%e6%8d%ae  
%e5%88%86%e6  
%9e%90%e4%b8  
%8e%e6%95%b0  
%e6%8d%ae%e6  
%8c%96%e6%8e  
%98%e8%bd%af  
%e4%bb%b6 )

立刻说两句吧！