

Neural Network on Face Images

周伯威

2016213588

The Institute of Computer Graphics
and Computer-Aided Design

hi@bowei.me

王安琪

2016213654

The Institute of Computer Graphics
and Computer-Aided Design

wqthss2012@163.com

桑留芳

2016213652

Institute of Information System and
Engineering

slf12thuss@163.com

摘要

我们完成了本次人工神经网络作业的必做内容及部分选做内容，两部分分别位于报告第 1 节与第 2 节。除此之外，在第 3 节中我们分析了表情识别任务正确率底下的可能原因。第 4 节中介绍了我们对于提高识别正确率做的尝试，包括使用一些简单的图像特征用作神经网络的输入。从结果上看，我们选取的图像特征可有效提升面部朝向识别、人脸识别的准确率，并在其他参数相同的前提下降低收敛所需轮数。

1. 必做内容

1.1 代码实现

为了完成表情识别功能，我们修改了 `backprop_face` 函数中神经网络各层的单元数、`load_target` 函数中神经网络输出层单元的输出来适应四种不同表情；修改了 `evaluate_performance` 函数中的评估方法以正确地输出准确率。

需要注意的是，本文所介绍的功能均是在同一份代码中实现的，附录 A 中具体介绍了运行相关的选项。

1.2 问答题

我们使用了四个输出层单元，分别对应于 *angry*、*happy*、*neutral*、*sad* 四种表情。例如，结果为 *sad* 时，对应于四号输出层单元输出 `TARGET_HIGH`，而其他三个单元输出 `TARGET_LOW`。

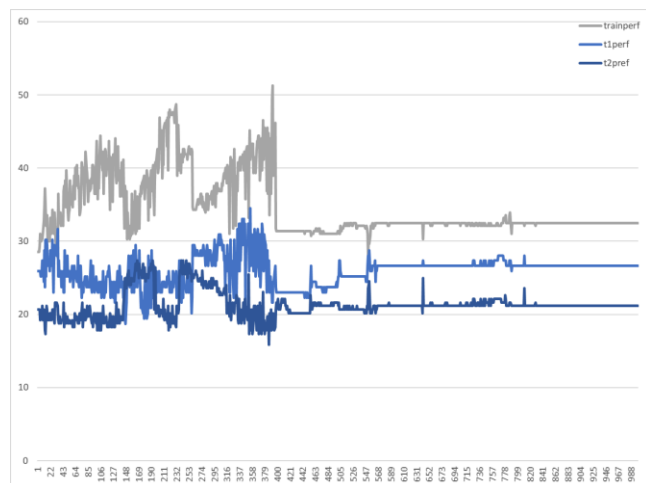


Figure 1 表情识别正确率变化。使用了 $15360 \times 12 \times 4$ 的网络， $\text{learning rate} = 0.3$ ， $\text{momentum} = 0.3$

对于表情识别任务，我们进行了 1000 轮的训练并得到如 Figure 1、Figure 2 所示的结果。在 392 轮时，训练数据准确率达到最高的 51.26%。而 *test1*、*test2* 数据集则分别在 355 与 248 轮时达到最高的 34.53% 与 27.4%。从 405 轮开始，三个数据集的正确率都趋于稳定。

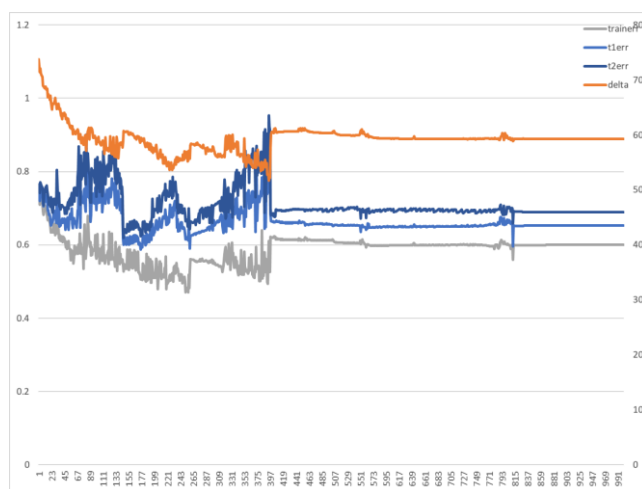


Figure 2 表情识别误差变化

我们尝试修改了隐藏单元个数、学习速率及动量，但识别准确率仍然较低，我们在第 3 节中分析了其中可能的原因。有趣的是，一次实验中，我们不小心将图像左上角的 patch 作为输入并得到了 25% 的正确率(高于上述实验)，进一步说明该方法存在一定问题。

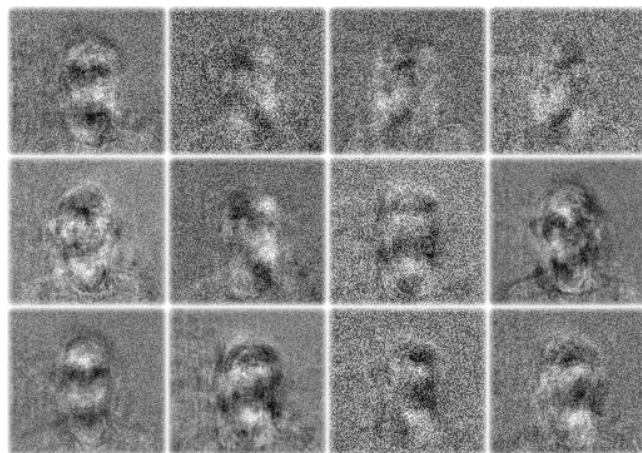


Figure 3 脸部朝向识别网络中，12 个隐藏层单元接收的权重

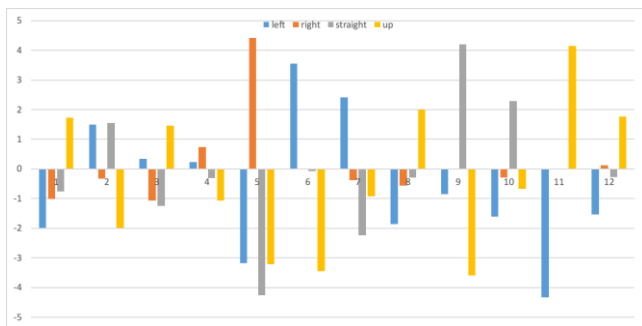


Figure 4 脸部朝向识别网络中，12个隐藏层单元对四个输出层单元的贡献

因表情识别的不稳定性过高，我们对反向传播的观察是针对脸部朝向识别进行的。仅需要对表情识别程序稍加改动便可适用于脸部朝向识别。

Figure 3、**Figure 4** 展示了脸部朝向识别网络的相关权重。在 **Figure 3** 中，我们依稀可以认出第 6 幅图、第 9 幅图分别为向左、向前的朝向，在 **Figure 4** 中相应单元的高权重也印证了这点。然而，**Figure 3** 中同样可辨认的图 1(前)、图 2(左)、图 4(右)却没有在 **Figure 4** 中得到较高的权重。另一方面，**Figure 4** 中 5、11 号单元具有较高权重，却未在 **Figure 3** 中得到相应体现。我们认为，这体现了神经网络的不确定性，即，神经网络的中间结果是难以分析与解释的。

2. 选做内容

本节主要介绍我们实现的人脸识别功能，我们亦做了一些其他有趣的实验及分析，将在第 3 节、第 4 节介绍。

我们在隐藏层使用了 60 个单元，学习速率与动量初始均设为 0.3，而后逐渐降为 0.03。输出层使用了 20 个单元，分别表示二十个人。

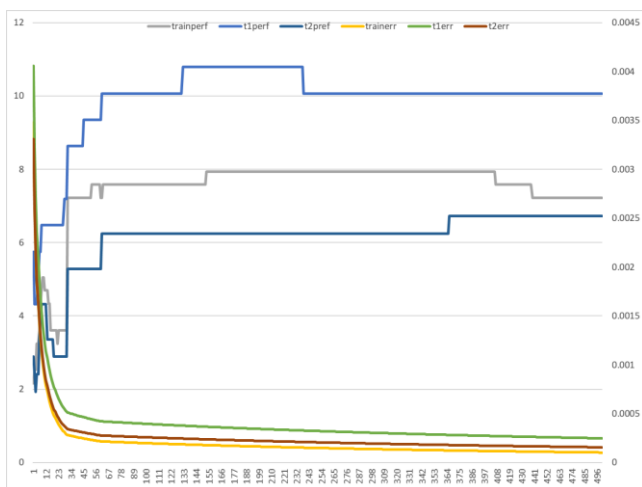


Figure 5 人脸识别(直接输入图像)正确率及误差变化

直接使用学习速率固定为 0.3 的神经网络进行训练未能得到高于随机答案的正确率，而改为变化的学习速率后正确率得到了提高。

我们还以图像特征为输入，训练了 $492 \times 60 \times 20$ 的神经网络，其结果如 **Figure 6** 所示。从 **Figure 5**、**Figure 6** 对比可看出，我们的方法是有效的，且能够显著地提升识别正确率。

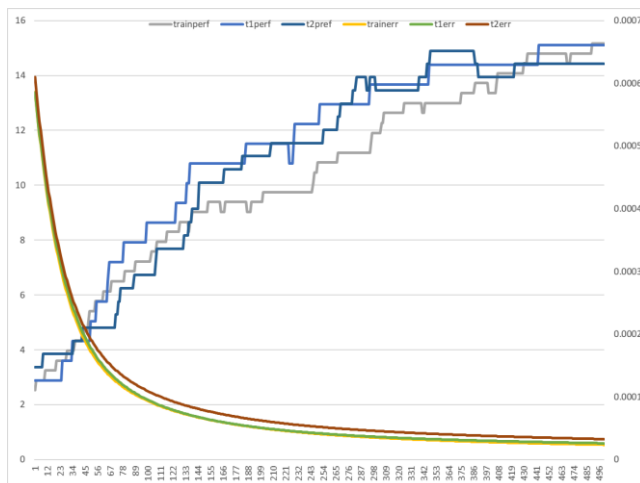


Figure 6 人脸识别(输入为特征)正确率及误差变化

3. 表情识别问题分析

相比于人脸识别、人脸朝向识别、墨镜识别，表情识别的训练过程收敛缓慢甚至不收敛，效果亦不如随机选取。我们认为其中包含多方面的原因。

训练数据过少。训练数据集仅包含 277 张图片，这对于机器学习方法来说是过少的，特别是对于不同图片变化巨大、且目标特征不明显的情况。

图像中的人脸未对齐。本次作业的神经网络是直接以图像作为输入的，这就意味着，输入是对位移十分敏感的。人脸的五官是表情识别的关键，不对齐也就无从进行进一步的识别。

数据集包含四种脸部朝向。数据集的图片数本身已经很少，却还包含四种脸部朝向。不同朝向的图片之间是无法“共享”表情信息的，这相当于图片数量减少到了原有的 $1/4$ 。

表情难以以简单特征表达。人脸、人脸朝向、墨镜均可用简单特征表达。例如，“戴墨镜的人的图像上部某些位置会很暗”、“大胡子 danieln 的图像下方显得很暗”等都是可用单个像素表达的。而表情则是一种高级属性，只能用高级特征描述。

数据质量差。我们注意到，数据采集员没有认真标注。比如你猜猜 at33 的下列四张图片分别是什么表情_(:3] <)_



Figure 7 表情诡异的 at33 叔叔

理想的机器学习模型能够将测试数据映射到一个高维空间，在该空间中，不同类别的数据彼此之间相距较远，可简单分

离。而本次作业中，各个图片特征(即像素亮度)分布近乎随机，自然难以分离出各种类别。



Figure 8 表情识别网络中，前四个隐藏层单元接收的权重

4. 程序改进

为了提升识别正确率，我们最先想到的方法是修改神经网络参数。例如，将学习速率修改为可变的，在前面几轮训练中使用较高的学习速率，而后再将学习速率降低，以得到更为精准的模型。然而，无论是调整学习速率、动量，还是调整隐藏层单元个数，我们都未能有效提升识别正确率。

我们认为，原有网络使用图像作为输入，高达15360维的特征是不合理的。一个合理的想法是，可以使用数据集提供的边长缩小四倍的图像。我们使用这些图像也没能提高识别正确率，却可以大大降低训练时间。

于是，我们尝试了类似于通常的机器学习过程的，提取图像特征作为输入。首先使用了人脸识别常用的局部二值模式(LBP)特征[1]。该特征先将图像切分为一个个 patch，对每个 patch 计算其中各个像素与周围一圈像素的大小关系(如 Figure 8 所示)，并计算该 patch 的直方图。将所有 patch 的直方图作为最终的特征向量。

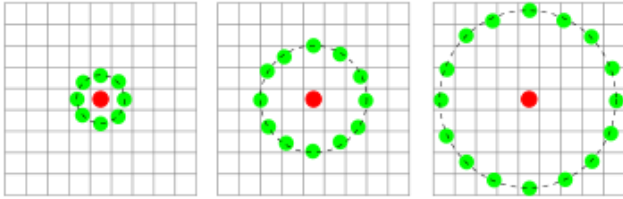


Figure 9 局部二值模式特征[1]示意

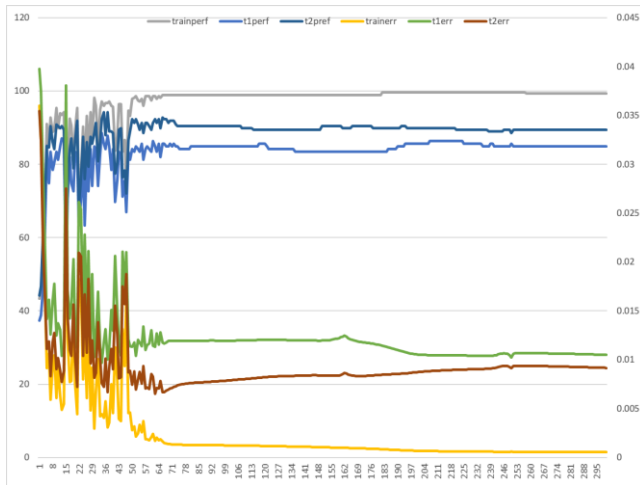


Figure 10 使用 Naïve 方法识别人脸朝向的训练曲线

Figure 6 的人脸识别结果即是使用该方法提取的特征。128 × 120 的图像首先被扩展为128 × 128像素，然后使用32 × 32 的 patch 进行划分，相邻 patch 之间有一半重叠，共7 × 7 = 49个 patch，输入层单元个数即为49 × 8 = 492个。

进一步地，我们参考了[2]、[3]中提到的其他特征。分别对每个 patch 进行计算六维的特征，并加入至原有的八维 LBP 特征向量中。此时，输入层单元个数为15 × 15 × 14 = 3150个。由此特征进行人脸朝向识别效果优于上述八维特征。两种方法均显著优于直接使用像素。如 Figure 11 所示。

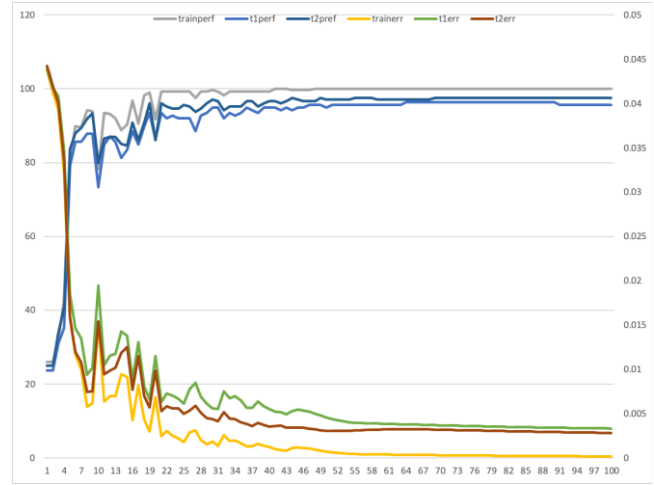


Figure 11 使用15 × 15 × 14维特征识别人脸朝向

5. 参考文献

- [1] Ahonen, Timo, Abdenour Hadid, and Matti Pietikainen. "Face description with local binary patterns: Application to face recognition." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 28.12 (2006): 2037-2041.
- [2] Picard, Rosalind W., Elias Vyzas, and Jennifer Healey. "Toward machine emotional intelligence: Analysis of affective physiological state." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 23.10 (2001): 1175-1191.
- [3] Wagner, Johannes, Jonghwa Kim, and Elisabeth André. "From physiological signals to emotions: Implementing and comparing selected methods for feature extraction and classification." *Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. IEEE International Conference on*. IEEE, 2005.

附录 A 程序设置方法

在 `backprop.h` 中，我们设置了用于控制条件编译的定义。

```
#define TARGET_glasses 0 /* 眼镜 */
#define TARGET_emotion 1 /* 表情 */
#define TARGET_head 2 /* 头部朝向 */
#define TARGET_who 3 /* 人脸 */
#define TARGET TARGET_who /* 当前选择人脸 */
#define NAIVE /* 直接以图像输入 */
// #define COMPLEX_METHOD /* 使用 14 维特征 */
```