

数据科学HW4

刘家宁

November 2025

1 实验结果

本次作业的内容是脑电信号的微分熵特征以及眼动信号的瞳孔直径，注视，扫视以及统计事件等特征进行情绪分类，其中情绪分为积极，中性和消极。本次实验是被试依赖的，即每个被试本身有测试集和训练集，最后根据准确率的平均值和方差来判定模型的好坏与泛化能力。首先给出本次实验的结果：

Model	acc_mean	acc_std
Feature Fusion	0.7075	0.0849
Decision Fusion	0.6750	0.0872
Without Domain classifier	0.7494	0.0843

Table 1: 不同模型在留一交叉验证下的准确率均值和标准差

2 数据预处理

本次实验我们没有划分CV集，因为训练集本身的数据有时间相关性，作为CV集的效果不佳，所以我们采用简单的早停策略：当0.95训练集正确率就早停。同时我们注意到310维的向量是之前数据的按照列优先压缩成一维的结果，所以我们可以把它重新展开回去变回二维数据。

对所有的数据我们做z-score归一化。

对于CNN，我们使用给定的二维矩阵来把原本的62个通道变为 8×9 个通道，并在部分无通道的位置补0。这样的好处是模型现在可以利用空间信息在二维上进行卷积。

3 特征级融合

在特征级融合中，我们对于脑波数据采用CNN提取一个128维的特征，对于眼动数据也提取一个128维的特征，最后我们把两者拼接在一起，得到一个256维的数据，最后用一个全连接层分类。我们都映射到128维的目的是不要让脑波来主导最后的特征，因为脑波的数据维数远大于眼动数据维数。

以下给出特征级融合的结果：

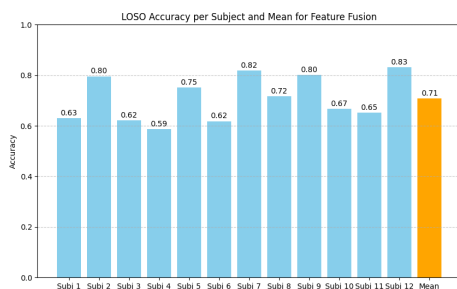


Figure 1: 特征级融合结果

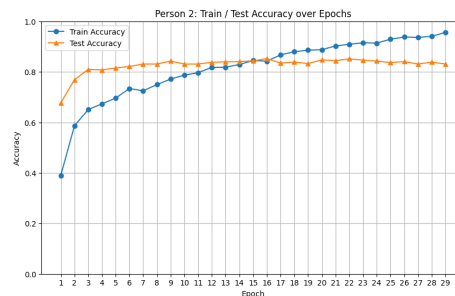


Figure 2: 受试11的训练结果

对于特征级融合，我们用简单的脑波CNN+眼动MLP就达到了0.71的平均正确率。整体的训练过程比较平稳，基本上在测试集上最后能达到一个比较稳定的正确率，所以我们不划分CV集和早停策略也是能接受的。

4 决策级融合

在决策级融合中，我们先独立地训练分别使用脑波数据和眼动数据训练两个分类器，再通过两个分类器的加权平均得到一个最终的概率。一开始我的想法是让加权的权值也动态地去训练，但是由于实际上两个分类器已经在训练集数据上面fit的非常好了，所以没办法训出来一个很好的参数。同时我们也尝试过独立划出一块数据，专门用于训练最后的模型，但是其实还是会遇到因为时间相关性过高导致训练没有什么意义。如果能划一块和其他数据无关的新数据出来训权值我觉得可能会更好。最终我们进行多次试验，选择了超参为0.7的脑波分类概率和0.3的眼动分类概率。直观上因为脑波的数据比较多，表现也事实上更好一点，我们尝试更加信任脑波的数据。

以下给出决策级融合的结果：

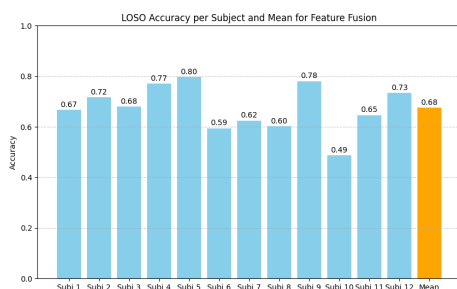


Figure 3: 决策级融合

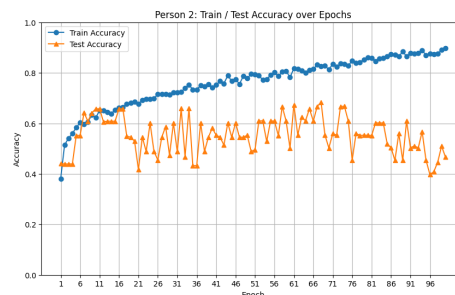


Figure 4: 被试2的眼动模型训练过程

决策级融合比特征级融合的效果要差很多。其实决策级融合可以看成某种意义上的num_classes维的特征向量，所以我认为决策级融合还不如在特征阶段就融合在一起。但是特征级融合可能在训练

速度上会有一定的劣势，因为我们要训练一个更大的模型，同时决策级融合我们也可以利用已经公开的训练好的模型。

5 BDAE

我们设计的BDAE为了和前面对比，采用的特征提取器的结构都是一致的。在得到两个128维的向量之后，我们拼接成为一个256维的特征，然后送入一个全连接的网络融合成一个新的256维的特征。在训练的时候，我遇到了autoencoder在test.loss上始终不降的情况，查找资料后发现这也许是一个很正常的现象，因为可能测试集的结构和训练集不太一样，没有办法重建也很正常，我们只需要训练一个能提取特征的网络就行了。在发现这件事之后，我尝试接上了一个简单的全连接MLPclassifier，发现结果还不错，比之前的两者要好。

以下是BDAE的结果：

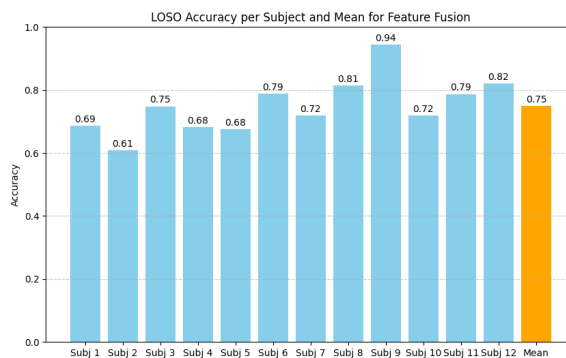


Figure 5: BDAE的结果

整体来说其实还是有一点不满意，因为感觉进步的有点不够多，而且感觉我的BDAE设计的有点问题，可能设计的再好一点test.loss也会跟着降？而且我还发现了被试1的数据非常奇怪，在重建的时候会有很奇怪，很大的loss，可能是有垃圾数据混在里面/分布严重不一致。

6 总结

整体感觉这次的作业有点失败，之前autoencoder的作业感觉我写的就没有比MLP好到哪里去，然后这次也是提升比较少，而且还遇到了神秘的重建test.loss不降的情况，好在最后的结果还行，感觉对于autoencoder的理解还有待提高。