**Kaggle 数据挖掘比赛经验分享**

**1.3 比赛类型**

**从领域归属划分**：包含搜索相关性，广告点击率预估，销量预估，贷款违约判定，癌症检测等。

**从任务目标划分**：包含回归，分类（二分类，多分类，多标签），排序，混合体（分类+回归）等。

**从数据载体划分**：包含文本，语音，图像和时序序列等。

**从特征形式划分**：包含原始数据，明文特征，脱敏特征（特征的含义不清楚）等。

**1.4 比赛流程**

一个数据挖掘比赛的基本流程如下图2所示，具体的模块我将在下一章进行展开陈述。

图2. 数据挖掘比赛基本流程

**Public LB上面的效果并非是在真实未知数据上面的效果，不能可靠地反映模型的效果。**

**2.数据挖掘比赛基本流程**

**2.1 数据分析**

数据分析可能涉及以下方面：

◆ **分析特征变量的分布**

◇ 特征变量为连续值：如果为长尾分布并且考虑使用线性模型，可以对变量进行幂变换或者对数变换。

◇ 特征变量为离散值：观察每个离散值的频率分布，对于频次较低的特征，可以考虑统一编码为“其他”类别。

◆ **分析目标变量的分布**

◇ 目标变量为连续值：查看其值域范围是否较大，如果较大，可以考虑对其进行对数变换，并以变换后的值作为新的目标变量进行建模（在这种情况下，需要对预测结果进行逆变换）。一般情况下，可以对连续变量进行Box-Cox变换。通过变换可以使得模型更好的优化，通常也会带来效果上的提升。

◇ 目标变量为离散值：如果数据分布不平衡，考虑是否需要上采样/下采样；如果目标变量在某个ID上面分布不平衡，在划分本地训练集和验证集的时候，需要考虑分层采样（Stratified Sampling）。

◆ **分析变量之间两两的分布和相关度**

◇ 可以用于发现高相关和共线性的特征。

通过对数据进行探索性分析（甚至有些情况下需要肉眼观察样本），还可以有助于启发数据清洗和特征抽取，譬如缺失值和异常值的处理，文本数据是否需要进行拼写纠正等。

**2.2 数据清洗**

数据清洗是指对提供的原始数据进行一定的加工，使得其方便后续的特征抽取。其与特征抽取的界限有时也没有那么明确。常用的数据清洗一般包括：

◆ **数据的拼接**

◇ 提供的数据散落在多个文件，需要根据相应的键值进行数据的拼接。

◆ **特征缺失值的处理**

◇ 特征值为连续值：按不同的分布类型对缺失值进行补全：偏正态分布，使用均值代替，可以保持数据的均值；偏长尾分布，使用中值代替，避免受 outlier 的影响；

◇ 特征值为离散值：使用众数代替。

◆ **文本数据的清洗**

◇ 在比赛当中，如果数据包含文本，往往需要进行大量的数据清洗工作。如去除HTML 标签，分词，拼写纠正, 同义词替换，去除停词，抽词干，数字和单位格式统一等。

**2.3 特征工程**

有一种说法是，特征决定了效果的上限，而不同模型只是以不同的方式或不同的程度来逼近这个上限。这样来看，好的特征输入对于模型的效果至关重要，正所谓”Garbage in, garbage out”。要做好特征工程，往往跟领域知识和对问题的理解程度有很大的关系，也跟一个人的经验相关。特征工程的做法也是Case by Case，以下就一些点，谈谈自己的一些看法。

**2.3.1 特征变换**

主要针对一些长尾分布的特征，需要进行幂变换或者对数变换，使得模型（LR或者DNN）能更好的优化。需要注意的是，Random Forest 和 GBDT 等模型对单调的函数变换不敏感。其原因在于树模型在求解分裂点的时候，只考虑排序分位点。

**2.3.2 特征编码**

对于离散的类别特征，往往需要进行必要的特征转换/编码才能将其作为特征输入到模型中。常用的编码方式有 LabelEncoder，OneHotEncoder（sklearn里面的接口）。譬如对于”性别”这个特征（取值为男性和女性），使用这两种方式可以分别编码为{0,1}和{[1,0], [0,1]}。

对于取值较多（如几十万）的类别特征（ID特征），直接进行OneHotEncoder编码会导致特征矩阵非常巨大，影响模型效果。可以使用如下的方式进行处理：

◆ 统计每个取值在样本中出现的频率，取 Top N 的取值进行 One-hot 编码，剩下的类别分到“其他“类目下，其中 N 需要根据模型效果进行调优；

◆ 统计每个 ID 特征的一些统计量（譬如历史平均点击率，历史平均浏览率）等代替该 ID 取值作为特征，具体可以参考 Avazu 点击率预估比赛第二名的获奖方案；

◆ 参考 word2vec 的方式，将每个类别特征的取值映射到一个连续的向量，对这个向量进行初始化，跟模型一起训练。训练结束后，可以同时得到每个ID的Embedding。具体的使用方式，可以参考 Rossmann 销量预估竞赛第三名的获奖方案，[entron/entity-embedding-rossmann](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/entron/entity-embedding-rossmann)。

对于 Random Forest 和 GBDT 等模型，如果类别特征存在较多的取值，可以直接使用 LabelEncoder 后的结果作为特征。

**2.4 模型训练和验证**

**2.4.1 模型选择**

在处理好特征后，我们可以进行模型的训练和验证。

◆ 对于稀疏型特征（如文本特征，One-hot的ID类特征），我们一般使用线性模型，譬如 Linear Regression 或者 Logistic Regression。Random Forest 和 GBDT 等树模型不太适用于稀疏的特征，但可以先对特征进行降维（如PCA，SVD/LSA等），再使用这些特征。稀疏特征直接输入 DNN 会导致网络 weight 较多，不利于优化，也可以考虑先降维，或者对 ID 类特征使用 Embedding 的方式；

◆ 对于稠密型特征，推荐使用 XGBoost 进行建模，简单易用效果好；

◆ 数据中既有稀疏特征，又有稠密特征，可以考虑使用线性模型对稀疏特征进行建模，将其输出与稠密特征一起再输入 XGBoost/DNN 建模，具体可以参考2.5.2节 Stacking 部分。

**2.4.2 调参和模型验证**

对于选定的特征和模型，我们往往还需要对模型进行超参数的调优，才能获得比较理想的效果。调参一般可以概括为以下三个步骤：

1. **训练集和验证集的划分**。根据比赛提供的训练集和测试集，模拟其划分方式对训练集进行划分为本地训练集和本地验证集。划分的方式视具体比赛和数据而定，常用的方式有：

a) 随机划分：譬如随机采样 70% 作为训练集，剩余的 30% 作为测试集。在这种情况下，本地可以采用 KFold 或者 Stratified KFold 的方法来构造训练集和验证集。

b) 按时间划分：一般对应于时序序列数据，譬如取前 7 天数据作为训练集，后 1 天数据作为测试集。这种情况下，划分本地训练集和验证集也需要按时间先后划分。常见的错误方式是随机划分，这种划分方式可能会导致模型效果被高估。

c) 按某些规则划分：在 HomeDepot 搜索相关性比赛中，训练集和测试集中的 Query 集合并非完全重合，两者只有部分交集。而在另外一个相似的比赛中（CrowdFlower 搜索相关性比赛），训练集和测试集具有完全一致的 Query 集合。对于 HomeDepot 这个比赛中，训练集和验证集数据的划分，需要考虑 Query 集合并非完全重合这个情况，其中的一种方法可以参考第三名的获奖方案，[https://github.com/ChenglongChen/Kaggle\_HomeDepot](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/ChenglongChen/Kaggle_HomeDepot)。

2. **指定参数空间**。在指定参数空间的时候，需要对模型参数以及其如何影响模型的效果有一定的了解，才能指定出合理的参数空间。譬如DNN或者XGBoost中学习率这个参数，一般就选 0.01 左右就 OK 了（太大可能会导致优化算法错过最优化点，太小导致优化收敛过慢）。再如 Random Forest，一般设定树的棵数范围为 100~200 就能有不错的效果，当然也有人固定数棵数为 500，然后只调整其他的超参数。

3. **按照一定的方法进行参数搜索**。常用的参数搜索方法有，Grid Search，Random Search以及一些自动化的方法（如 Hyperopt）。其中，Hyperopt 的方法，根据历史已经评估过的参数组合的效果，来推测本次评估使用哪个参数组合更有可能获得更好的效果。有关这些方法的介绍和对比，可以参考文献 [2]。

**2.4.3 适当利用 Public LB 的反馈**

在2.4.2节中我们提到本地验证（Local Validation）结果，当将预测结果提交到 Kaggle 上时，我们还会接收到 Public LB 的反馈结果。如果这两个结果的变化趋势是一致的，如 Local Validation 有提升，Public LB 也有提升，我们可以借助 Local Validation 的变化来感知模型的演进情况，而无需靠大量的 Submission。如果两者的变化趋势不一致，需要考虑2.4.2节中提及的本地训练集和验证集的划分方式，是否跟训练集和测试集的划分方式一致。

另外，在以下一些情况下，往往 Public LB 反馈亦会提供有用信息，适当地使用这些反馈也许会给你带来优势。如图4所示，(a)和(b)表示数据与时间没有明显的关系（如图像分类），(c)和(d)表示数据随时间变化（如销量预估中的时序序列）。(a)和(b)的区别在于，训练集样本数相对于 Public LB 的量级大小，其中(a)中训练集样本数远超于 Public LB 的样本数，这种情况下基于训练集的 Local Validation 更可靠；而(b)中，训练集数目与 Public LB 相当，这种情况下，可以结合 Public LB 的反馈来指导模型的选择。一种融合的方式是根据 Local Validation 和 Public LB 的样本数目，按比例进行加权。譬如评估标准为正确率，Local Validation 的样本数为 N\_l，正确率为 A\_l；Public LB 的样本数为 N\_p，正确率为 A\_p。则可以使用融合后的指标：（N\_l \* A\_l + N\_p \* A\_p）/(N\_l + N\_p)，来进行模型的筛选。对于(c)和(d)，由于数据分布跟时间相关，很有必要使用 Public LB 的反馈来进行模型的选择，尤其对于(c)图所示的情况。

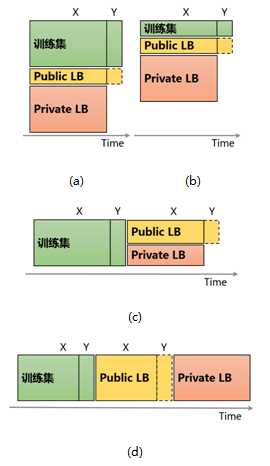


图4. 适当利用 Public LB 的反馈（图参考 Owenzhang 的分享 [1]）

**2.5 模型集成**

如果想在比赛中获得名次，几乎都要进行模型集成（组队也是一种模型集成）。关于模型集成的介绍，已经有比较好的博文了，可以参考 [3]。在这里，我简单介绍下常用的方法，以及个人的一些经验。

**2.5.1 Averaging 和 Voting**

直接对多个模型的预测结果求平均或者投票。对于目标变量为连续值的任务，使用平均；对于目标变量为离散值的任务，使用投票的方式。

**2.5.2 Stacking**

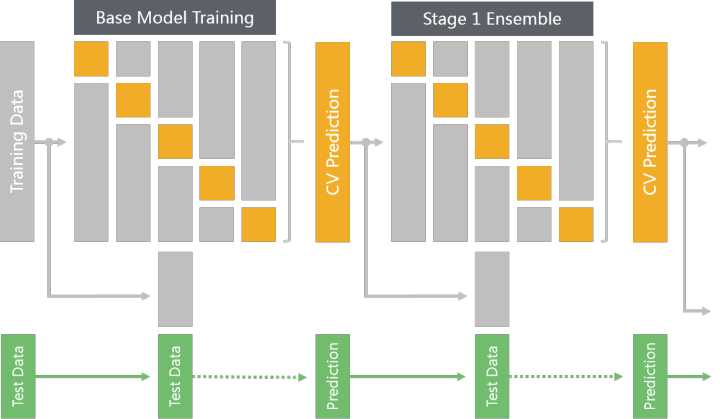


图5. 5-Fold Stacking（图参考 Jeong-Yoon Lee 的分享 [4]）

图5展示了使用 5-Fold 进行一次 Stacking 的过程（当然在其上可以再叠加 Stage 2, Stage 3 等）。其主要的步骤如下：

1. **数据集划分**。将训练数据按照5-Fold进行划分（如果数据跟时间有关，需要按时间划分，更一般的划分方式请参考3.4.2节，这里不再赘述）；

2. **基础模型训练 I**（如图5第一行左半部分所示）。按照交叉验证（Cross Validation）的方法，在训练集（Training Fold）上面训练模型（如图灰色部分所示），并在验证集（Validation Fold）上面做预测，得到预测结果（如图黄色部分所示）。最后综合得到整个训练集上面的预测结果（如图第一个黄色部分的CV Prediction所示）。

3. **基础模型训练 II**（如图5第二和三行左半部分所示）。在全量的训练集上训练模型（如图第二行灰色部分所示），并在测试集上面做预测，得到预测结果（如图第三行虚线后绿色部分所示）。

4. **Stage 1 模型集成训练 I**（如图5第一行右半部分所示）。将步骤 2 中得到的 CV Prediction 当作新的训练集，按照步骤 2 可以得到 Stage 1模型集成的 CV Prediction。

5. **Stage 1 模型集成训练 II**（如图5第二和三行右半部分所示）。将步骤 2 中得到的 CV Prediction 当作新的训练集和步骤 3 中得到的 Prediction 当作新的测试集，按照步骤 3 可以得到 Stage 1 模型集成的测试集 Prediction。此为 Stage 1 的输出，可以提交至 Kaggle 验证其效果。

在图5中，基础模型只展示了一个，而实际应用中，基础模型可以多种多样，如SVM，DNN，XGBoost 等。也可以相同的模型，不同的参数，或者不同的样本权重。重复4和5两个步骤，可以相继叠加 Stage 2, Stage 3 等模型。

**2.5.3 Blending**

Blending 与 Stacking 类似，但单独留出一部分数据（如 20%）用于训练 Stage X 模型。

**2.5.4 Bagging Ensemble Selection**

Bagging Ensemble Selection [5] 是我在 CrowdFlower 搜索相关性比赛中使用的方法，其主要的优点在于可以以优化任意的指标来进行模型集成。这些指标可以是可导的（如 LogLoss 等）和不可导的（如正确率，AUC，Quadratic Weighted Kappa等）。它是一个前向贪婪算法，存在过拟合的可能性，作者在文献 [5] 中提出了一系列的方法（如 Bagging）来降低这种风险，稳定集成模型的性能。使用这个方法，需要有成百上千的基础模型。为此，在 CrowdFlower 的比赛中，我把在调参过程中所有的中间模型以及相应的预测结果保留下来，作为基础模型。这样做的好处是，不仅仅能够找到最优的单模型（Best Single Model），而且所有的中间模型还可以参与模型集成，进一步提升效果。

**2.6 自动化框架**

从上面的介绍可以看到，做一个数据挖掘比赛涉及到的模块非常多，若有一个较自动化的框架会使得整个过程更加的高效。在 CrowdFlower 比赛较前期，我对整一个项目的代码架构进行了重构，抽象出来特征工程，模型调参和验证，以及模型集成等三大模块，极大的提高了尝试新特征，新模型的效率，也是我最终能斩获名次的一个有利因素。这份代码开源在 Github 上面，目前是 Github 有关 Kaggle 竞赛解决方案的 Most Stars，地址：[ChenglongChen/Kaggle\_CrowdFlower](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/ChenglongChen/Kaggle_CrowdFlower)。

其主要包含以下部分：

**1. 模块化特征工程**

a) 接口统一，只需写少量的代码就能够生成新的特征；

b) 自动将单独的特征拼接成特征矩阵。

**2. 自动化模型调参和验证**

a) 自定义训练集和验证集的划分方法；

b) 使用 Grid Search / Hyperopt 等方法，对特定的模型在指定的参数空间进行调优，并记录最佳的模型参数以及相应的性能。

**3. 自动化模型集成**

a) 对于指定的基础模型，按照一定的方法（如Averaging/Stacking/Blending 等）生成集成模型。

**3.Kaggle竞赛方案盘点**

到目前为止，Kaggle 平台上面已经举办了大大小小不同的赛事，覆盖图像分类，销量预估，搜索相关性，点击率预估等应用场景。在不少的比赛中，获胜者都会把自己的方案开源出来，并且非常乐于分享比赛经验和技巧心得。这些开源方案和经验分享对于广大的新手和老手来说，是入门和进阶非常好的参考资料。以下笔者结合自身的背景和兴趣，对不同场景的竞赛开源方案作一个简单的盘点，总结其常用的方法和工具，以期启发思路。

**3.1 图像分类**

**3.1.1 任务名称**

National Data Science Bowl

**3.1.2 任务详情**

随着深度学习在视觉图像领域获得巨大成功，Kaggle 上面出现了越来越多跟视觉图像相关的比赛。这些比赛的发布吸引了众多参赛选手，探索基于深度学习的方法来解决垂直领域的图像问题。NDSB就是其中一个比较早期的图像分类相关的比赛。这个比赛的目标是利用提供的大量的海洋浮游生物的二值图像，通过构建模型，从而实现自动分类。

**3.1.3 获奖方案**

● **1st place**：Cyclic Pooling + Rolling Feature Maps + Unsupervised and Semi-Supervised Approaches。值得一提的是，这个队伍的主力队员也是Galaxy Zoo行星图像分类比赛的第一名，其也是Theano中基于FFT的Fast Conv的开发者。在两次比赛中，使用的都是 Theano，而且用的非常溜。方案链接：[Classifying plankton with deep neural networks](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//benanne.github.io/2015/03/17/plankton.html)

● **2nd place**：Deep CNN designing theory + VGG-like model + RReLU。这个队伍阵容也相当强大，有前MSRA 的研究员Xudong Cao，还有大神Tianqi Chen，Naiyan Wang，Bing XU等。Tianqi 等大神当时使用的是 CXXNet（MXNet 的前身），也在这个比赛中进行了推广。Tianqi 大神另外一个大名鼎鼎的作品就是 XGBoost，现在 Kaggle 上面几乎每场比赛的 Top 10 队伍都会使用。方案链接：[National Data Science Bowl](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/datasciencebowl/discussion/13166)

● **17th place**：Realtime data augmentation + BN + PReLU。方案链接：[ChenglongChen/caffe-windows](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/ChenglongChen/caffe-windows)

**3.1.4 常用工具**

**▲ Theano**: [Welcome - Theano 0.9.0 documentation](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//deeplearning.net/software/theano/)

▲ **Keras**: [Keras Documentation](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//keras.io/)

▲ **Cuda-convnet2**: [akrizhevsky/cuda-convnet2](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/akrizhevsky/cuda-convnet2)

▲ **Caffe**: [Caffe | Deep Learning Framework](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//caffe.berkeleyvision.org/)

▲ **CXXNET**: [dmlc/cxxnet](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/dmlc/cxxnet)

▲ **MXNet**: [dmlc/mxnet](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/dmlc/mxnet)

▲ **PaddlePaddle**: [PaddlePaddle ---- PArallel Distributed Deep LEarning](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//www.paddlepaddle.org/cn/index.html)

**3.2 销量预估**

**3.2.1 任务名称**

Walmart Recruiting - Store Sales Forecasting

**3.2.2 任务详情**

Walmart 提供 2010-02-05 到 2012-11-01 期间的周销售记录作为训练数据，需要参赛选手建立模型预测 2012-11-02 到 2013-07-26 周销售量。比赛提供的特征数据包含：Store ID, Department ID, CPI，气温，汽油价格，失业率，是否节假日等。

**3.2.3 获奖方案**

● **1st place**：Time series forecasting method: stlf + arima + ets。主要是基于时序序列的统计方法，大量使用了 Rob J Hyndman 的 forecast R 包。方案链接：[Walmart Recruiting - Store Sales Forecasting](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/walmart-recruiting-store-sales-forecasting/discussion/8125)

● **2nd place**：Time series forecasting + ML: arima + RF + LR + PCR。时序序列的统计方法+传统机器学习方法的混合；方案链接：[Walmart Recruiting - Store Sales Forecasting](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/walmart-recruiting-store-sales-forecasting/discussion/8023)

● **16th place**：Feature engineering + GBM。方案链接：[ChenglongChen/Kaggle\_Walmart-Recruiting-Store-Sales-Forecasting](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/ChenglongChen/Kaggle_Walmart-Recruiting-Store-Sales-Forecasting)

**3.2.4 常用工具**

▲ **R forecast package**: [https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html)

▲ **R GBM package**: [https://cran.r-project.org/web/packages/gbm/index.html](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//cran.r-project.org/web/packages/gbm/index.html)

**3.3 搜索相关性**

**3.3.1 任务名称**

CrowdFlower Search Results Relevance

**3.3.2 任务详情**

比赛要求选手利用约几万个 (query, title, description) 元组的数据作为训练样本，构建模型预测其相关性打分 {1, 2, 3, 4}。比赛提供了 query, title和description的原始文本数据。比赛使用 Quadratic Weighted Kappa 作为评估标准，使得该任务有别于常见的回归和分类任务。

**3.3.3 获奖方案**

● **1st place**：Data Cleaning + Feature Engineering + Base Model + Ensemble。对原始文本数据进行清洗后，提取了属性特征，距离特征和基于分组的统计特征等大量的特征，使用了不同的目标函数训练不同的模型（回归，分类，排序等），最后使用模型集成的方法对不同模型的预测结果进行融合。方案链接：[ChenglongChen/Kaggle\_CrowdFlower](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/ChenglongChen/Kaggle_CrowdFlower)

● **2nd place**：A Similar Workflow

● **3rd place**： A Similar Workflow

**3.3.4 常用工具**

▲ **NLTK:** [Natural Language Toolkit](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//www.nltk.org/)

▲ **Gensim**: [gensim: topic modelling for humans](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//radimrehurek.com/gensim/)

▲ **XGBoost**: [dmlc/xgboost](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/dmlc/xgboost)

▲ **RGF**: [baidu/fast\_rgf](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/baidu/fast_rgf)

**3.4 点击率预估 I**

**3.4.1 任务名称**

Criteo Display Advertising Challenge

**3.4.2 任务详情**

经典的点击率预估比赛。该比赛中提供了7天的训练数据，1 天的测试数据。其中有13 个整数特征，26 个类别特征，均脱敏，因此无法知道具体特征含义。

**3.4.3 获奖方案**

● **1st place**：GBDT 特征编码 + FFM。台大的队伍，借鉴了Facebook的方案 [6]，使用 GBDT 对特征进行编码，然后将编码后的特征以及其他特征输入到 Field-aware Factorization Machine（FFM） 中进行建模。方案链接：[Display Advertising Challenge | Kaggle](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/criteo-display-ad-challenge/discussion/10555)

● **3rd place**：Quadratic Feature Generation + FTRL。传统特征工程和 FTRL 线性模型的结合。方案链接：[Display Advertising Challenge | Kaggle](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/criteo-display-ad-challenge/discussion/10534)

● **4th place**：Feature Engineering + Sparse DNN

**3.4.4 常用工具**

▲ **Vowpal Wabbit**: [JohnLangford/vowpal\_wabbit](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/JohnLangford/vowpal_wabbit)

▲ **XGBoost**: [dmlc/xgboost](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/dmlc/xgboost)

▲ **LIBFFM**: [LIBFFM: A Library for Field-aware Factorization Machines](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//www.csie.ntu.edu.tw/%7Er01922136/libffm/)

**3.5 点击率预估 II**

**3.5.1 任务名称**

Avazu Click-Through Rate Prediction

**3.5.2 任务详情**

点击率预估比赛。提供了 10 天的训练数据，1 天的测试数据，并且提供时间，banner 位置，site, app, device 特征等，8个脱敏类别特征。

**3.5.3 获奖方案**

● **1st place**：Feature Engineering + FFM + Ensemble。还是台大的队伍，这次比赛，他们大量使用了 FFM，并只基于 FFM 进行集成。方案链接：[Click-Through Rate Prediction | Kaggle](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//www.kaggle.com/c/avazu-ctr-prediction/discussion/12608)

● **2nd place**：Feature Engineering + GBDT 特征编码 + FFM + Blending。Owenzhang（曾经长时间雄霸 Kaggle 排行榜第一）的竞赛方案。Owenzhang 的特征工程做得非常有参考价值。方案链接：[owenzhang/kaggle-avazu](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/owenzhang/kaggle-avazu)

**3.5.4 常用工具**

▲ **LIBFFM**: [LIBFFM: A Library for Field-aware Factorization Machines](https://link.zhihu.com/?target=http%3A//www.csie.ntu.edu.tw/%7Er01922136/libffm/)

▲ **XGBoost**: [dmlc/xgboost](https://link.zhihu.com/?target=https%3A//github.com/dmlc/xgboost)

**4.参考资料**

[1] Owenzhang 的分享： Tips for Data Science Competitions

[2] Algorithms for Hyper-Parameter Optimization

[3] MLWave博客：Kaggle Ensembling Guide

[4] Jeong-Yoon Lee 的分享：Winning Data Science Competitions

[5] Ensemble Selection from Libraries of Models

[6] Practical Lessons from Predicting Clicks on Ads at Facebook

**5.结语**