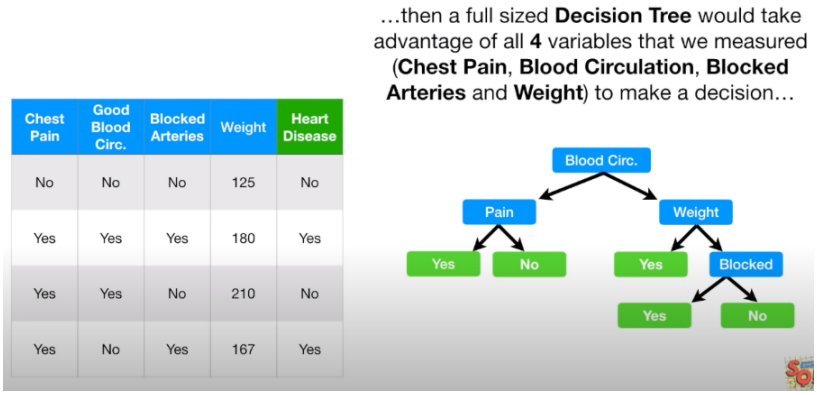
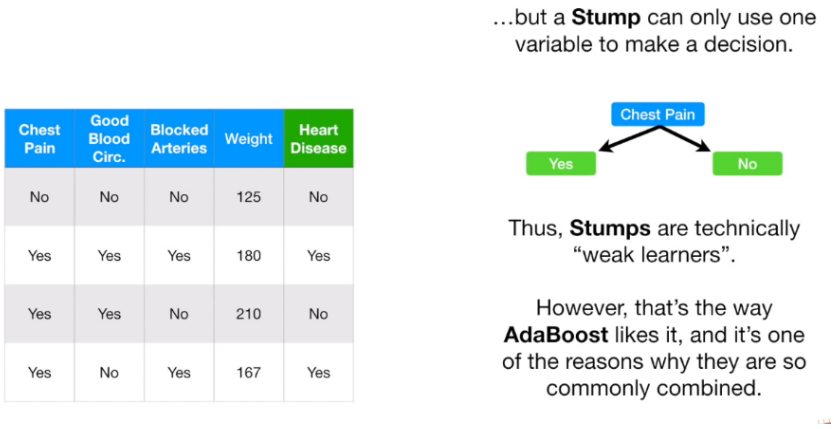
AdaBoost

AdaBoost 使用了 Decision Trees 和 Random Forests 的一些概念，再加上一些变化。在使用 Random Forest 的时候，每一次 Generate 的树都是一颗 Full Sized Tree，训练出来的树的 Tree Height 都是不一样的，因为使用 Random Forests 并没有设定 Maximum Tree Height。

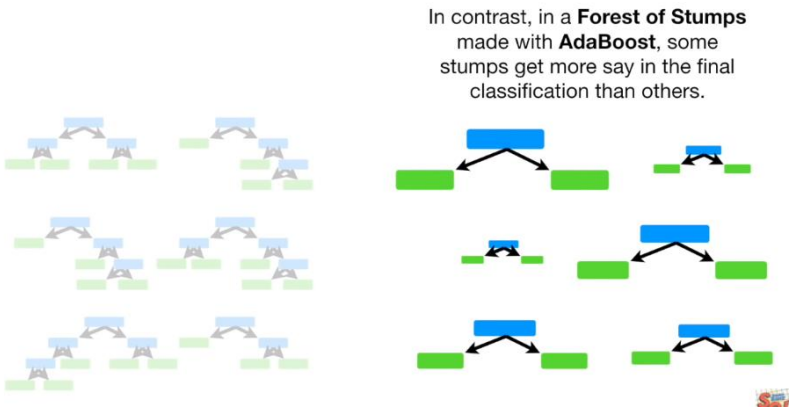
但是在 AdaBoost 里，每棵树只有一个 Root 和两个 leaves，一颗只有一个 Node 和 2 Leaves 的树被称之为 Stump，所以 AdaBoost 也可以称之为 Forest of Stumps。Stumps 在 Classification 里不能给出很好的决定。



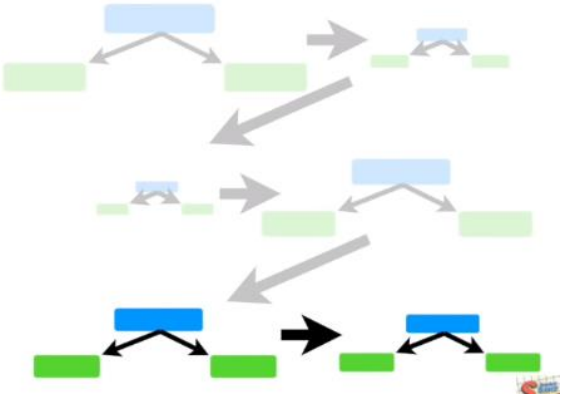
在 Decision Tree 里，每一个 Parameters 都被考虑到，考虑的 Parameters 越多，能给出的答案就比只考虑一个 Parameters 的树更正确。



而每一个 Stumps 只考虑一个 Parameters，所以 Stumps 也被称之为 Weak Learners，但这也是 AdaBoost 的特点。

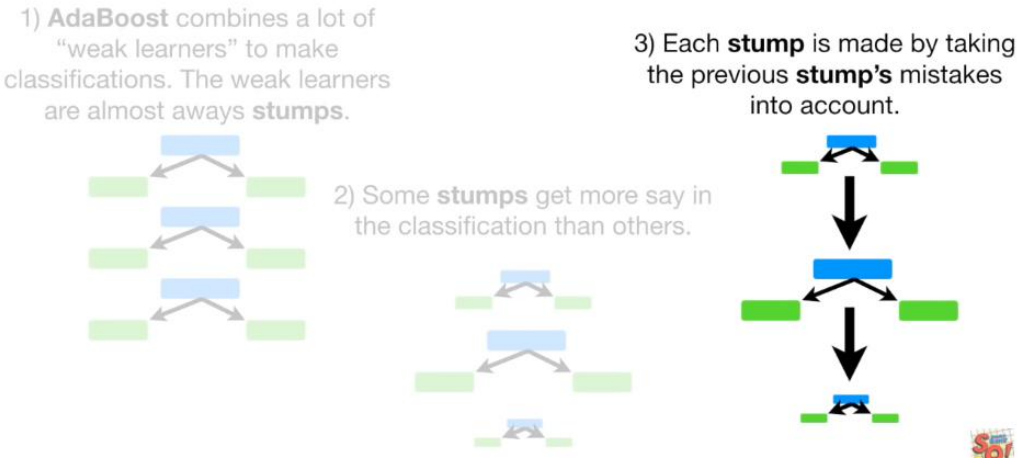


在 Random Forests 里，每一棵树 Predict 的结果都是同等对待，但是在 AdaBoost 里，每棵树是有不同的 Weight。



在 Random Forests 里，先 Generate 出那一棵树都不是很重要，但是在 AdaBoost 里，先 Generate 的那一刻树会影响之后被 Generate 出来的树的结果。

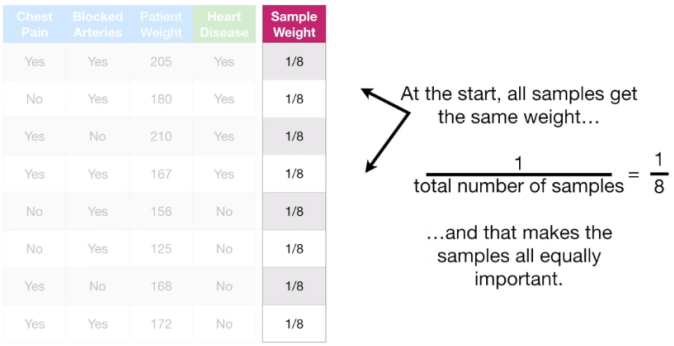
小总结



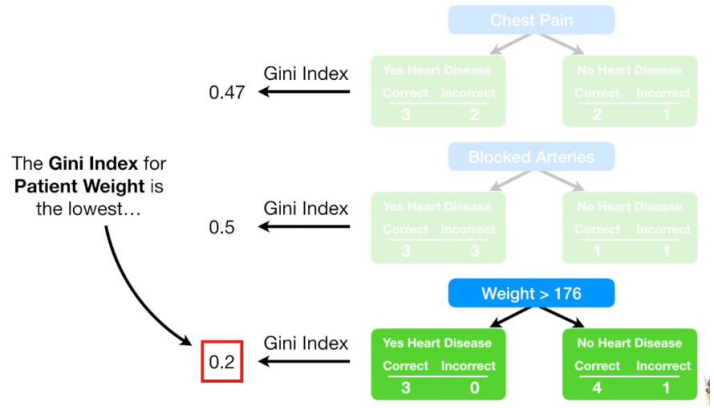
Create Forest of Stumps

要 Create Stump 之前，需要给每一笔 Data 一个 Sample Weight (Sample Weight 是一个几率，加起来等于 1)，每一个 Data 初始的 Sample Weight 都是一样的。

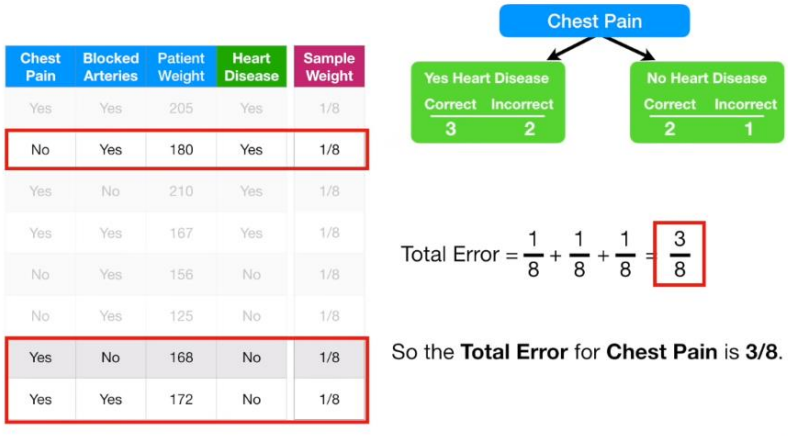
$$Sample\ Weight = \frac{1}{Total\ Data(s)}$$



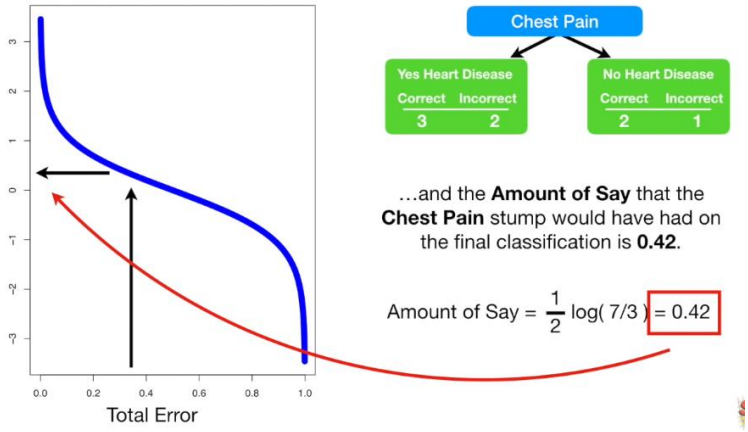
上图的 Dataset 里总共有 8 个 Data，所以每一个 Data 的 Sample Weight 初始的时候都是一样的。当设定好初始 Sample Weight 之后，需要开始创建第一个 Stump，这时候需要开始从所以 Parameters 里面选出最好的 Parameter。



在这里对每一个 Parameters 进行 Gini Impurity 的计算，有着最小 Gini Impurity 值的树就会被设定成第一颗 Stump。之后需要定义这棵 Stump 的重要程度。

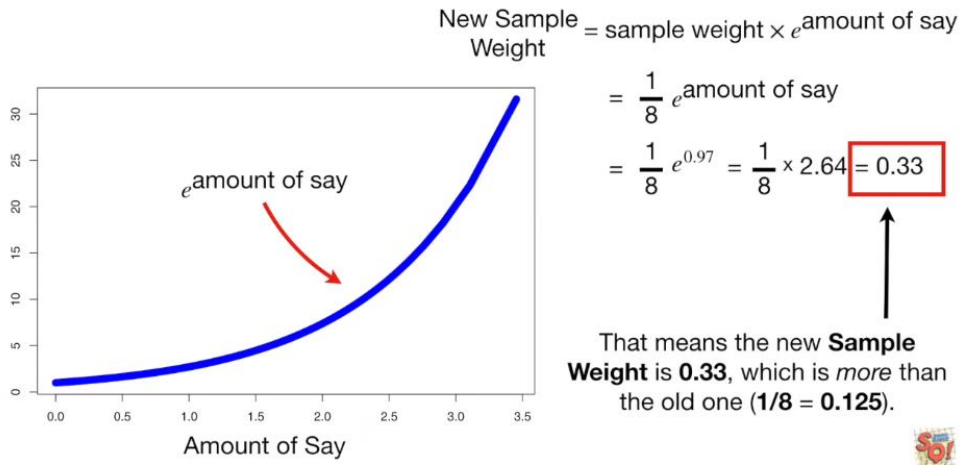


这时候把所有预测错误的 Data(s)的 Sample Weight 加起来。这些总和就是 Total Error。



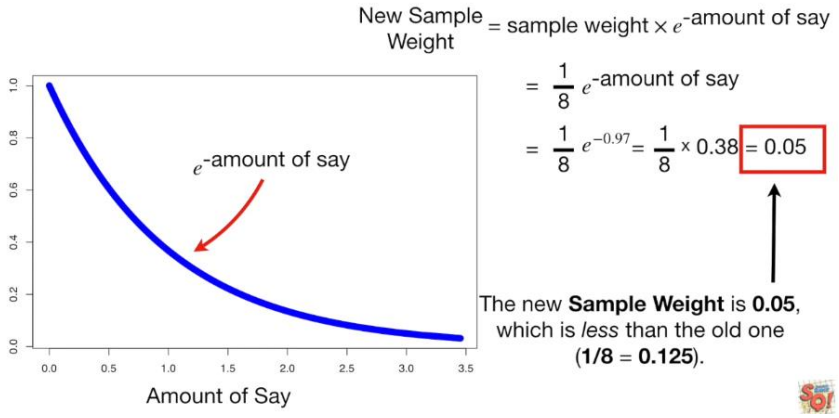
$$Amount\ of\ Say = \frac{1}{2}\log\left(\frac{1 - Total\ Error}{Total\ Error}\right)$$

当 Total Error 小的时候，Amount of Say 的值就会是比较大，当 Total Error 逐渐变大的时候，Amount of Say 就会变小。也就是说，当 Error 越大，这棵树的可信度就越低。当计算好 Amount of Say 值之后，需要对 Sample Weight 进行 Update。AdaBoost 的想法是被错误 Predict 的 Data 的 Sample Weight 需要被提高，而被正确 Predict 的 Sample Weight 需要被降低。



$$New\ Sample\ Weight = Sample\ Weight\ of\ Incorrect\ Prediction\ Data * e^{Amount\ of\ Say}$$

上面的 Formula 是用来计算被错误预测的 Data。当 Amount of Say 值是大的时候，计算出的 New Sample Weight 也会变大。



$$New\ Sample\ Weight = Sample\ Weight\ of\ Correct\ Prediction\ Data * e^{-Amount\ of\ Say}$$

上面这个 Formula 是用来计算 Predict 正确的 Data。当 Amount of Say 越大，计算出来的 Weight 的值就会越小。

Chest Pain	Blocked Arteries	Patient Weight	Heart Disease	Sample Weight	New Weight	Norm. Weight
Yes	Yes	205	Yes	1/8	0.05	0.07
No	Yes	180	Yes	1/8	0.05	0.07
Yes	No	210	Yes	1/8	0.05	0.07
Yes	Yes	167	Yes	1/8	0.33	0.49
No	Yes	156	No	1/8	0.05	0.07
No	Yes	125	No	1/8	0.05	0.07
Yes	No	168	No	1/8	0.05	0.07
Yes	Yes	172	No	1/8	0.05	0.07

So we divide each **New Sample Weight** by **0.68** to get the normalized values.

$$Norm\ Weight = \frac{Weight}{Sum\ of\ New\ Weight}$$

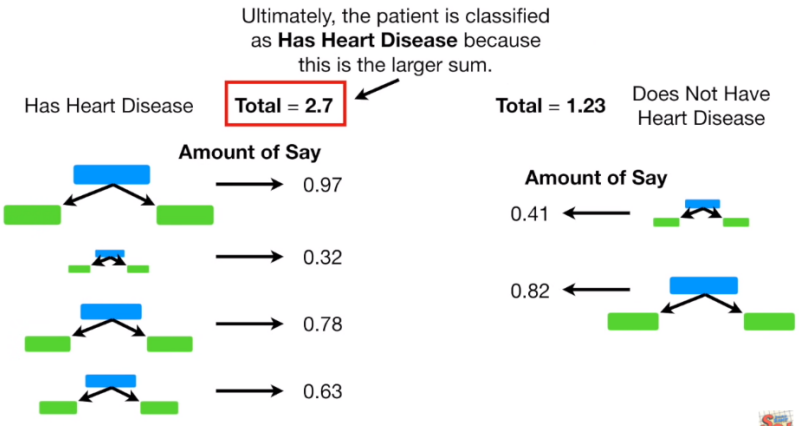
当计算完所有 Data 的 New Weight 之后，需要把这个 Weight 做 Normalize 的处理，为了让这些 Weight 加起来等于 1 (可以有些许 Rounding Error)，因为是概率。这时候就能用这个 Normalize 过后的 Weight 来创建下一棵 Stump。

当要创建下一棵 Stump 的时候，会重新创建一个新的 Dataset。创建这个 Dataset 有几个步骤。首先先随机 Generate 一个号码 (0 到 1 之间)，然后使用这个号码来选出对应的 Data。在这里不需要担心没被正确 Predict 的数据会被遗忘，当在 Update New Weight 的时候，Predict 错误的 Data 的 New Weight 会变大，这会让这笔 Data 更容易被选到。

如果 Generate 出来的号码是 0 到 0.07 之间，第一笔 Data 将会被选出来，如果是 0.21 到 0.70 之间，如上图，那笔 Data 就会被选出来。会重复 Generate 一个随机的号码，然后选出对应的 Data 直到这个新的 Dataset 有着与原来 Dataset 同样数目的 Data。

当选好这组新的 Dataset 之后，一样给每一笔 Data 分配同样的 Sample Weight，重新对每一个 Parameters 进行 Gini Impurity 的计算，选出有着最低 Gini Impurity 的 Stump 然后 Update New Weight 然后再继续同样的步骤。

How AdaBoost Make Classification Decision



AdaBoost 在给出预测的时候，会把这笔 Input Data 用来跑完所有 Stumps 之后，会把有着同样 Class 的树归类在一起，然后进行 Amount of Say 的计算，有着最高 Amount of Say 的 Class，那个 Class 就是答案。

小总结