

# 生成模型读书笔记一

2020年4月17日 16:13

## 1. 生成模型初识

### a. 什么是生成模型

生成模型在不同的语境下有不同的用法，我们首先从分类问题说起，再做扩展。

#### i. 生成模型 vs 判别模型

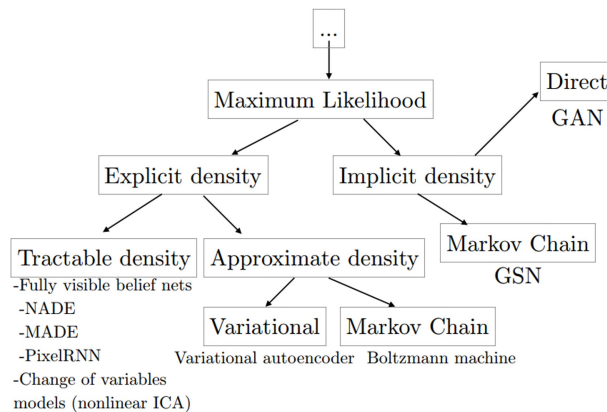
给定数据 $x$ ，标签 $y$ ，现在想要学习一个模型来分类数据 $x$ ，有哪些方法呢？

- 1) 判别模型：对 $Y$ 的条件概率分布进行建模， $p(Y|X)$ ，或者学习决策函数 $y=f(x)$ ，对数据 $x$ 提取特征，输出 $X$ 属于 $Y$ 类的概率或者直接输出类别 $Y$ ，典型的判别模型有KNN, 感知机, 决策树, LR, SVM
- 2) 生成模型：对 $X, Y$ 的联合分布进行建模， $p(X, Y)$ ，然后再用贝叶斯公式 $p(Y|X)=p(X, Y)/p(X)$ 计算 $X$ 属于 $Y$ 的概率，典型的生成模型有朴素贝叶斯, HMM, LDA, GMM
- 3) 一个例子：判断是新冠还是流感，通过历史数据 $(X, Y)$ 学习到一个模型，把患者的症状放到模型里面，模型输出是新冠的概率和是流感的概率(或者新冠标签流感标签)，这是判别模型；通过历史数据 $(X, Y)$ ，根据新冠的症状学习一个模型，根据肺炎的症状学习一个模型，然后把患者的症状分别放到两个模型里面算一算概率，概率大的那个就是结果。
- 4) 理解：生成模型之所以叫生成模型，是因为它学习的是数据(特征)是如何生成的，因为联合概率 $p(X, Y)=p(X|Y)p(Y)$ ，所以可以理解成它在学习标签 $Y$ 会导致特征 $X$ 长什么样(新冠会导致肺部变白)，是一个从因到果的过程；而判别模型，不关心是如何生成的，只关心原因是什么(我见过新冠患者肺部变白，你肺部变白，所以有可能是新冠，但是你问我新冠会导致哪些症状我不知道)，是一个从果到因的过程；判别模型直接对后验 $p(Y|X)$ 建模，而有些后验比较难直接计算，或者出于要了解更多从因到果的过程，那就从联合分布，也即生成模型来解决了。
- 5) 判别模型直接学习决策函数，简化学习问题，分类准确率较高；生成模型可以反映数据本身的分布，学习收敛速度更快，生成模型 $p(X, Y)$ 可以通过贝叶斯公式推出判别模型 $p(Y|X)$ ，但是判别模型不能推出生成模型，在存在隐变量的情况下只能用生成模型。生成模型支持无监督学习。

#### ii. 其他问题

除了监督学习中的分类问题以外，只要是对数据 $x$ 的分布 $p(x)$ 进行建模，模拟数据生成过程的，都是生成模型，不一定要有标签 $y$ 和联合概率分布 $p(x, y)$ ，因此生成模型支持无监督学习，应用面更广。此外，生成模型还可以指虽然不是直接计算联合分布，但是知道如何从数据分布中生成/采样一个样本的一类模型(GAN就是这一类)。

### b. 生成模型的图谱



如图所示，本文主要介绍基于最大似然的生成模型。现在暂且不讲解这张图，而从理解生成模型所需要的统计，贝叶斯，最大似然等基础知识讲起。

## 2. 贝叶斯公式

很熟悉的公式，就不赘述了，详见wiki，这里只作一些对后续理解可能有用的说明。

我们有证据 $y$ (可以写成 $x$ 可以写成 $z$ ，就是个符号而已，条件概率中的条件，问题中能观测到的数据，就称为evidence)，现在我们要从这个证据推断 $x$ 事件确实发生了的概率，应用贝叶斯公式有

$$f(x|y) = \frac{f(x, y)}{f(y)} = \frac{f(y|x) f(x)}{f(y)}$$

$$f(x|y) = \frac{f(y|x) f(x)}{\int_{-\infty}^{\infty} f(y|x) f(x) dx}$$

需要从贝叶斯中了解的基本概念：先验，后验

先验：不考虑任何条件的分布，如上式中的 $p(y)$

后验：已知某个条件发生后的分布，如上式中的 $p(y|x)$ 。机器学习的目标都是为了计算某个后验分布 $p(y|x)$ ， $x$ 是数据， $y$ 是你所感兴趣的变量。

### 3. 统计与概率

接下来来理解概率计算和统计学习以及两者的关系。

概率计算：已知模型与参数，计算某个事件发生的特性(可能性)。养猪(模型是猪)，猪的品种，喂多少猪粮(模型的参数)，计算最后这只猪有多重/一只猪养到两百斤的概率/养一猪圈猪估算能卖多少钱。

统计学习：从数据推测模型以及参数。先搞一堆猪回来养，从养的结果养出经验，知道要养什么品种的猪，每顿要喂多少猪粮，最后教大家如何养猪致富。

无论是判别模型还是生成模型，机器学习的目的都是要利用观测数据对某个分布建模，模型训练的过程就是估计参数的过程。

下一节开始讲两种用来推断模型参数的方法，最大似然估计MLE和最大后验估计MAP。

