

# Probability Graph 06 Inference Background

Chen Gong

28 November 2019

推断 (Inference) 这个词，对于有一定机器学习基础的同学来说，一定是听说过，这也是贝叶斯方法中一个非常重要的理论性研究。那么什么是推断呢？推断说白了，就是求概率。比如，对于一个联合概率密度函数  $p(x) = p(x_1, x_2, \dots, x_p)$ 。我们要求的有哪些呢？

1. 边缘概率:  $p(x_i) = \sum_{x_1} \dots \sum_{x_{i-1}} \dots \sum_{x_{i+1}} \dots \sum_{x_p} p(x)$ 。
2. 条件概率:  $p(x_A|x_B)$ , 令  $x = x_A \cup x_B$ 。
3. MAP Inference: 也就是  $\hat{z} = \operatorname{argmax}_z p(z|x) \propto \operatorname{argmax} p(x, z)$ 。因为,  $p(z|x) = \frac{p(x, z)}{p(x)} \propto p(x, z)$ , 因为我们的目标是求一个最优的参数  $z$ , 并不需要知道具体的数值是多少, 只要知道谁大谁小就行, 所以  $p(x)$  可以直接不看了。

现在我们知道了, Inference 在求什么? 下一步, 我们要总结 Inference 有哪些方法。

## 1 Inference 求解方法

### 1.1 精准推断 (Deterministic Inference)

Variable Elimination (VE), 变量消除法; Belief Propagation (BP) 信念传播, 这个可不是我们之前学习的反向传播算法, 这里需要注意。同时这个算法衍生出的 Sum Product Algorithm, 这就是推断的核心, 这是一种树结构的; 而 Junction Tree Algorithm, 这是一种普通图结构。

### 1.2 近似推断 (Approximate Inference)

典型的有有向环 (Loop Belief Propagation); 采样方法, 包括 Monte Carlo Inference: Importance Sampling, MCMC; 最后一个就是我现在主要研究的变分推断 (Variational Inference)。

## 2 隐马尔可夫模型 (Hidden Markov Model)

Hidden Markov Model (HMM) 算法将在后面的章节中做详细的描述, 在这一小节中, 我们主要

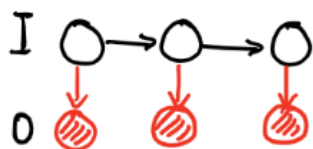


图 1: HMM 的模型结构

做一点概述性的描述。HMM 的模型可视化为上图所示，其中  $O$  是隐变量，也就是我们的观测变量。

我们主要考虑三个问题，在三个问题为 Inference 的问题。1. Evaluation，也就是求一个边缘密度  $p(O) = \sum_I P(I, O)$ 。2. Learning，也就是寻找  $\hat{\lambda}$ 。3. Decoding:  $\hat{I} = \operatorname{argmax}_I P(I|O)$ ，包括 Vitebi Algorithm，这是一个动态规划算法。而隐马尔可夫模型实际上一种动态规划模型 (Dynamic Bayesian Network)。