

西安交通大学

机器学习与决策分析课程

课程大作业：论文总结

欧阳鑫健, 4121156012

电信学部

2021 年 11 月 6 号

本文对 2008 年发表在 “Market Science” 期刊上的”[A Hidden Markov Model of Customer Relationship Dynamics](#)” 一文进行总结概括，包括问题背景、模型和方法、实证应用和管理学意义三部分。

1 问题背景

如何通过典型的交易数据来对刻画客户关系的动态特性是本文要研究的问题。这是一个客户关系管理（Customer Relationship Management）的问题，目的是要帮助企业主分析交易数据，以评估客户关系、了解客户喜好，最终为企业的市场决策提供数据支撑。与以往的研究不同的是，论文作者利用隐马尔可夫模型（HMM），将客户的喜好随时间的变化视为企业和客户间的动态互动的函数，从而对客户关系的动态特性进行建模。

相较于传统的模型，作者使用的隐马尔可夫模型有以下特点：

- 考虑到了客户关系的时间动态特性，即客户所处环境的变化对其喜好造成的影响；
- 相较于连续型的模型，离散隐马尔可夫模型能够对客户喜好的随时间的突变进行建模；
- 客户关系的动态特性通常是隐式的、难以观测的，适合用隐马尔可夫模型进行描述。

基于以上三点，作者提出使用隐马尔可夫模型对客户关系进行建模。

2 模型和方法

在论文中，作者建立了一个客户购买行为的隐马尔可夫模型。该模型包括分最初的状态分布，状态转换关系和客户选择三个主要成分（如图 1 所示）。

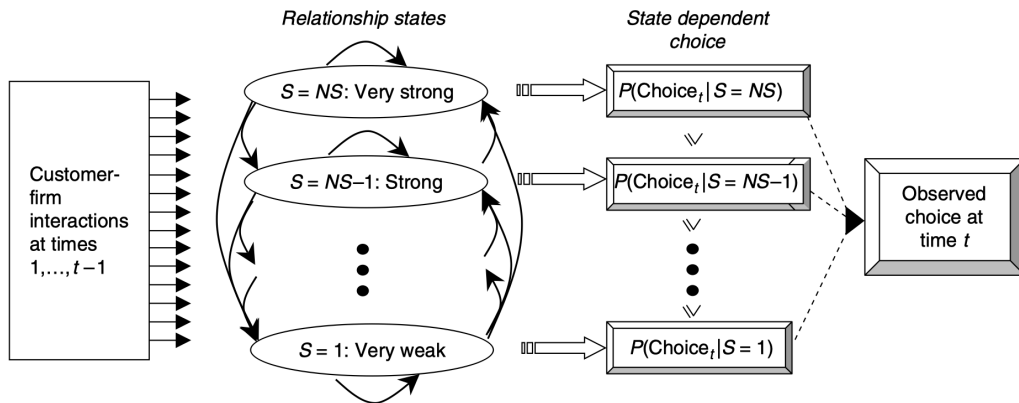


图 1: 客户关系的 HMM 模型 [引自原论文]

具体来说，初态分布指初始时刻（记为 1）客户 i 处于状态 s 的概率分布

$P(S_{i1} = s) = \pi_{is}$; 状态转换关系 $\mathbf{Q}_{i,t-1 \rightarrow t}$ (图 2) 决定了客户如何从 $t-1$ 时刻到 t 时刻的状态转变过程, 这取决于客户与公司在 $t-1$ 时刻的互动强度, 且客户从 $t-1$ 时刻的状态 s_{t-1} 转变为 t 时刻的状态 s_t 的概率为 $P(S_{it} = s' | S_{it-1} = s) = q_{its's'}$; 客户的选择行为指客户处于状态 s 和时刻 t 时会选择某种产品的概率, 记为 $P(Y_{it} = 1 | S_{it} = s) = m_{it|s}$ 。

		State at t					
State at $t-1$		1	2	3	...	$NS-1$	NS
$\mathbf{Q}_{i,t-1 \rightarrow t} =$	1	q_{it11}	q_{it12}	q_{it13}	\cdots	$q_{it1NS-1}$	q_{it1NS}
	2	q_{it21}	q_{it22}	q_{it23}	\cdots	$q_{it2NS-1}$	q_{it2NS}
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots
	NS	q_{itNS1}	q_{itNS2}	q_{itNS3}	\cdots	$q_{itNSNS-1}$	q_{itNSNS}

图 2: 状态转移矩阵 [引自原论文]

作者定义了一个名词“Relationship Encounter” (以下记为 RE) 来表征客户和公司之间的互动, 包括购买交易、企业的品牌宣传活动等。客户关系由一个 RE 时间序列组成。进而, 作者构造了一系列隐式的、不可观测的关系状态。随着客户和公司间的互动强度不同, 该状态也有所变化。状态之间的转换在概率上由 RE 决定。通过隐马尔可夫模型, 作者对隐式状态和观测到的购买行为进行建模。

3 实证应用和管理学意义

作为实证应用, 作者以大学校友捐赠为例, 验证了模型的有效性和优越性。在此案例中, 大学对应于模型里的企业, 校友即客户, 校友的捐赠行为可类比客户的购买行为, 具体过程参见原论文。这里主要讨论该论文的管理学意义。

“A Hidden Markov Model of Customer Relationship Dynamics” 于 2008 年发表在顶刊 Market Science 上。现今看来, 该文章也许并不那么出众和特别, 但在当时肯定是具有相当的创新和亮点。作者自己也在文中里谈到, 其论文恐怕是第一篇用非齐次隐马尔可夫模型对客户与公司之间互动的时变特性和客户关系进行建模的管理学文献。

近年来, 随着大数据和机器学习的发展, 新的机器学习算法、模型在管理学中得到了越来越广泛的应用。研究者们能够对更加复杂的问题进行建模, 而不仅仅是作者文中所研究的客户购买行为等“是或否”的二项问题。